

Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní

Diplomová práce

Liberec 2009

Veronika Kussová

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

obor: N3106

Textilní materiálové inženýrství

Katedra textilních materiálů

Frikční vlastnosti textilií.

Friction properties of textiles.

Veronika Kussová

KTM – 526

vedoucí práce: Ing. Vladimír Kovačič

počet stran textu: 105

počet obrázků: 57

počet tabulek: 14

počet příloh: 3

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským). Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užití své diplomové práce, či poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 28. 5. 2009

.....

Podpis

P o d ě k o v á n í

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Vladimíru Kovačiči za zájem, cenné rady, připomínky a čas, který věnoval mé práci.

Mé poděkování rovněž patří celému kolektivu katedry textilních materiálů za pomoc při realizování praktické části diplomové práce a za neobvykle příjemné pracovní prostředí.

A dále bych chtěla poděkovat všem mým blízkým za velkou podporu.

Anotace

Podstatou celé diplomové práce je analýza tření textilií za sucha a za mokra stanovené určitými metodami měření.

Teoretická část diplomové práce obsahuje rešerši – průzkum použité literatury, jsou zde uveřejněny používané známé postupy měření a teoretické vztahy. Dále se objevují teoretické výsledky experimentů, je zde popsáno tření textilií za sucha a za mokra a v neposlední řadě je brán v úvahu vliv plochy kontaktů.

Experimentální část práce je zaměřená na popis použitých materiálů (plošná hmotnost, materiál, dostava a hustota) a na popis experimentálního zařízení. Nezbytnou součástí jsou podmínky měření. Jsou zde uvedeny výsledky měření s ukázkou křivek a modelování závislostí tření na vlhkosti textilií.

Annotation

Essence of whole diploma work is analysis friction textile in dry and wet conditions given alternative methods of measuring.

Theoretic part diploma work includes background research – inquiry used literature, here are publicized used measuring procedures plus theoretic terms. Then there are theoretic results of experiments, there is described friction textile in dry and wet conditions and last but not least is considered influence surface contacts.

Experimental part of work is focused on description used material (thickness, areal materiality, material, texture and density) and on description experimental equipment. Necessary part are conditions of measuring. Here are mentioned test data with demonstration waveform plus simulation dependence friction on humidity of textile.

Klíčová slova

tření za sucha

tření za mokra

vliv plochy kontaktů

závislost tření na vlhkosti

experimentální zařízení

testovaný materiál

Key words

dry friction

wet friction

influence of contact area

dependence on wet friction

laboratory equipment

testing material

OBSAH:

1	ÚVOD.....	12
2	TŘENÍ	13
2.1	Tření v textiliích	13
2.2	Teorie tření	13
2.3	Suché (smykové) tření	16
2.3.1	Měření koeficientu tření.....	18
2.3.2	Základní zákony suchého tření	19
2.3.3	Snížení tření	20
2.3.4	Konkrétní druhy maziv a jejich vlastnosti	21
2.4	Mokrý (vazký) tření	23
3	METODY MĚŘENÍ TŘENÍ TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ	24
3.1	Dvě stýkající se roviny pohybující se vůči sobě posuvným pohybem	24
3.2	Dvě stýkající se roviny, z nichž jedna klouže po rotující rovině.....	25
3.3	Rovina klouže proti směru rotujícího válce (válců).....	25
3.4	Rovina ve tvaru pásu obepínající rotující válcovou plochu.....	26
3.5	Metoda nakloněné roviny.....	26
3.6	Dynamometr	28
4	TEORETICKÉ VZTAHY A VÝSLEDKY EXPERIMENTŮ	29
4.1	Smykové tření.....	29
4.1.1	Součinitel smykového tření	30
4.1.2	Značení.....	30
4.1.3	Příklady hodnot součinitele smykového tření.....	31
4.2	Klidové tření.....	31
4.2.1	Součinitel klidového tření.....	31
4.2.2	Značení.....	31
4.2.3	Příklady hodnot součinitele klidového tření	32
4.3	Valivý odpor	32
4.3.1	Rameno valivého odporu (součinitel valivého tření).....	32
4.3.2	Značení.....	33
4.3.3	Příklady hodnot součinitele valivého tření	33
4.4	Tření opásáním	33

5	ANALÝZA VLIVU VELIKOSTI PLOCHY KONTAKTU.....	34
5.1	Bowdenova teorie.....	35
5.2	Hertzova teorie.....	35
6	PRAKTICKÁ ČÁST	37
6.1	Použitý materiál	37
6.1.1	Vzorky určené pro běžné denní nošení.....	37
6.1.2	Vzorky charakterizující spodní prádlo.....	39
6.1.3	Materiály určené pro svrchní ošacení	40
6.2	Použitá zařízení	41
6.3	Podmínky měření.....	41
6.4	Postup měření.....	42
6.5	Vyhodnocení naměřených dat	47
6.5.1	Vyhodnocení dat při tření za sucha.....	48
6.5.2	Vyhodnocení dat při tření za vlhka.....	51
7	DISKUSE A ZÁVĚR	67
	SEZNAM LITERATURY	68
	SEZNAM PŘÍLOH	69

Seznam symbolů zktatek

μ	koeficient tření za pohybu
μ_0	koeficient tření za klidu
T	třecí síla
N	tlaková síla
F_n	kolmá složka váhy
F_t	tečná složka váhy
F_A	síla adhezní
F_K	síla konstituční
F_D	síla deformační
F_S	síla stétických zábran
η	vazkost kapaliny
r	poloměr
π	Ludolfovo číslo
G	váha tělesa
R	reakce podpory
α_0	úhel tření
f	součinitel smykového tření
f_0	součinitel klidového tření
ζ	rameno valivého odporu
R	poloměr průřezu tělesa
F_v	velikost valivého odporu
F	třecí síla za třecím tělesem
F_0	napínací síla před tělesem
α	úhel opásání
f_a	součinitel tření opásáním
A_R	plocha kontaktu
τ	smyková pevnost slabšího méně pevného materiálu
Hz	hertz
V	volt
kN	kiloNewton
F_{max}	maximální dosažená síla

F_{min} .. minimální dosažená síla
 F_{avg} .. průměrná síla
 L_o upínací délka
 L_D, L_H ..dolní a horní mez intervalu spolehlivosti
 \bar{x} průměr
 s směrodatná odchylka
 D_o dostava tkaniny v osnově na 10 cm
 D_u dostava tkaniny v útku na 10 cm
 ρ_r hustota pleteniny v řádku na 10cm
 ρ_s hustota pleteniny ve sloupku na 10cm

1 Úvod

Až ve své diplomové práci jsem zjistila, jak moc nabývá na významu přírodní jev, kterým je tření. Tento proces provází člověka v každodenním životě. Bez něho by člověk nemohl chodit, oděvy, které nosí, by se rozložily na jednotlivá vlákna, nemohla by existovat auta. Tření je tedy nezbytnou součástí života.

Tato diplomová práce se zabývá frikčními vlastnostmi textilií. Zkoumá tření textilií za sucha a za mokra a stanovuje určité metody měření.

Podklady pro vypracování byly čerpány z různých zdrojů. V teoretické části se vycházelo jak z tištěných pramenů tak i z informací poskytnutých na internetové síti. V praktické části byl proveden experiment, jehož hlavním cílem bylo zjistit, jaké jsou rozdíly ve tření textilií za sucha a za mokra.

Druhá kapitola práce obsahuje rešerši, kdy byl proveden průzkum použité literatury.

Třetí kapitola se zmiňuje o procesu tření, jaké je tření v textiliích a o vlastní teorii tření. Dále je zde popsáno tření za sucha a za mokra.

Ve čtvrté kapitole jsou podrobněji popsány metody měření tření textilních materiálů.

Na čtvrtou kapitolu navazuje pátá, která se zabývá teoretickými vztahy a teoretickými výsledky experimentů. Podstatná část kapitoly rozděluje druhy tření a poskytuje o nich bližší informace, včetně vztahů.

Cílem diplomové práce je analyzovat tření textilií za sucha a za mokra s pomocí stanovení určitých metod měření a vyhodnotit výsledky experimentu v podobě modelování závislosti tření na vlhkosti textilií.

2 Tření

Pokud se těleso pohybuje, zákonitě na něj působí brzdící síly. Při posunu tělesa po pevné podložce nevzniká odporová, ale třecí síla. Ta působí proti směru pohybu tělesa a tím ho přirozeně brzdí. Jedna z příčin může být, když jsou stykové plochy tělesa a podložky drsné, zachycují se, a tím se pohyb brzdí. Druhou příčinou může být vzájemné působení částic mezi dvěma plochami. To nastane v případě jsou-li tělesa v těsné blízkosti, a tak tento důvod převládá spíše u hladkých těles. Velikost tření závisí především na materiálu, dále pak na tlaku, který těleso klade na podložku. [0]

Tření je tedy přírodní jev, který má charakter procesu a zabývá se interakcí povrchů těles v relativním pohybu. Jedná se o odpor proti pohybu jednoho tělesa po povrchu druhého tělesa. [0]

Třecí síla je v životě velmi důležitá. Bez ní by člověk nemohl chodit, nemohla by existovat auta a oděvy by se rozložily na jednotlivá vlákna. [0]

2.1 Tření v textiliích

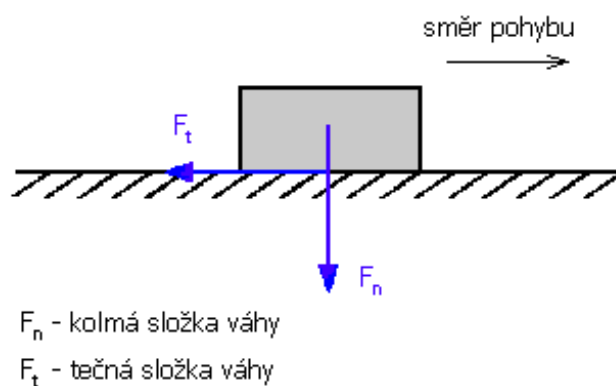
Důležitou charakteristikou u délkových, ale i u plošných textilií je součinitel tření. U délkových textilií se zohledňuje především při technologických operacích a při technologickém zpracování nití. U plošných textilií vytváří pocit komfortu při jejich nošení a ovlivňuje spotřebitelskou životnost výrobků, jelikož způsobuje takové efekty, jako je plstnatění, oděr, otěr apod., což samozřejmě snižuje kvalitu výrobků a ovlivňuje také výrobu textilií. [0]

Z výše uvedených důvodů je za potřebí znát třecí síly, aby se výroba vyhnula problémům z nich vyplývajících, případně, aby se třecí síly daly pozitivně využít. [0]

2.2 Teorie tření

Dvě tělesa, která se po sobě pohybují, jsou k sobě přitlačována silou N , na styčné ploše tělesa a podložky dochází ke vzájemnému silovému působení a ke vzniku síly, která brzdí pohyb. Říká se jí síla tření.

Tento jev je charakterizován vznikem síly působící v tečné rovině dotyku proti vzájemnému pohybu obou těles. Fyzikální podstata vzniku síly tření může být různá podle podmínek, za nichž k pohybu těles dochází. [0]



Obr. 1 Makroskopické zákony tření [0]

Jak uvádí zdroj [0]: „Zkušenost potvrzuje platnost základních makroskopických zákonů tření:

1. Síla tření je přímo úměrná působícímu zatížení (obr.7)

$$T = \mu N \quad (2.1)$$

Pokud tedy zvětšujeme n-krát tlakovou sílu N [N] přidáváním zátěže na těleso, je třecí síla T [N] n-krát větší.

2. Síla tření nezávisí na makroskopické (zdánlivé) ploše dotyku klouzajících těles.
3. Síla tření T_0 nutná k uvedení tělesa do pohybu ze stavu klidu, je větší než síla T nutná k udržení relativního rovnoměrného pohybu“.

$$T_0 > T \quad (2.2)$$

$$\mu_0 > \mu \quad (2.3)$$

$$T_0 = \mu_0 N \quad (2.4)$$

Konstanta $\mu_0 [-]$ je nazývána jako koeficient smykového tření za klidu (statický koeficient tření). Konstanta $\mu [-]$ je označována jako koeficient smykového tření za pohybu (dynamický koeficient tření). [0]

Aby byla při vzájemném kontaktu dvě tuhá tělesa s dokonale hladkým povrchem v klidu, musí síly, kterými daná tělesa na sebe působí, být kolmé ke společné rovině. Takové síly se tuhostí těles navzájem ruší a nezbývá žádná složka, jež by mohla způsobit relativní pohyb obou těles, avšak u skutečných těles tomu tak být nemusí a reakce mohou mít do jisté míry směr odchýlený od kolmice k tečné rovině, aniž se tělesa vzájemně posouvají. Pokud se takové šikmé reakce rozloží do složek kolmých ke společné tečné rovině a do složek ležících v tečné rovině, znamená to, že se ruší nejen kolmé složky, ale i složky tečné. Tečné složky omezují vzájemný pohyb těles, proto se nazývají silami tření. [0]

Síly adhezní F_A , konstituční F_K , ale i síly deformační F_D se podílejí na třecí síle. U textilií vykazujících chlupatost, se musejí brát ještě v úvahu síly stérických zábran F_S . Obecně tedy pro celkovou třecí sílu platí následující vztah. [0]

$$F = F_A + F_K + F_D + F_S \quad (2.5)$$

Adhezními silami se rozumí síly molekulové, konstituční síly vznikají pomocí bariér profilů nerovnosti povrchů, deformační síly jsou výsledkem deformací povrchů a síly stérických zábran jsou způsobeny propletením vystávajících vláken a jejich pevností. U textilií se uplatňují všechny typy sil. [0]

2.3 Suché (smykové) tření

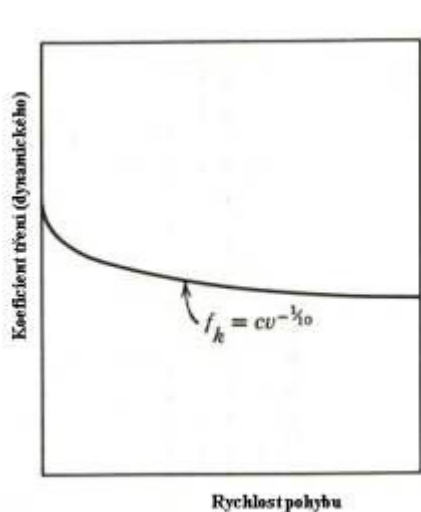
Při pohybu jednoho tělesa po druhém vzniká smykové tření – tzv. suché tření. Jak je uvedeno v pramenu [0]: „Pro sílu tření mezi oběma tělesy platí experimentálně určený Coulombův – Amontův zákon

$$F_t = \mu \cdot N \quad (2.6)$$

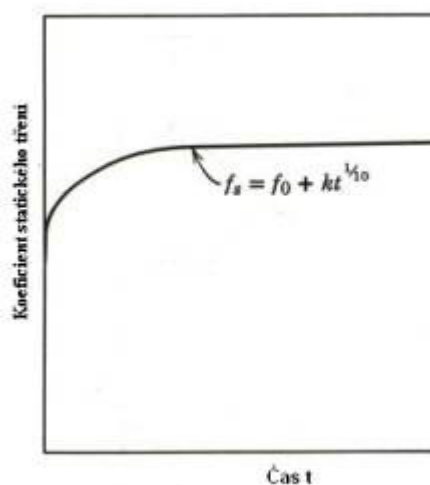
kde μ je koeficient tření a N je kolmý tlak, tj. složka výsledné síly, kolmá k třecí ploše“.

Ještě kromě jiných parametrů je koeficient tření funkcí rychlosti vzájemného pohybu obou těles. To vysvětluje obr. 2. Na obr. 3 je znázorněna závislost na době, po kterou obě tělesa na sobě spočívají. Na obr. 4 je vynesena závislost síly tření na čas, z něho a z praxe plyne známá skutečnost. Za zmínku stojí uvedení jednoho příkladu za všechny - táhnou – li se sáně po umrzlém sněhu, musí se nejdříve působit dosti velkou silou, než se dají do pohybu. V okamžiku, kdy se překonala maximální síla, při níž se sáně daly do pohybu, je síla potřebná k jejich dalšímu pohybu již menší. [0]

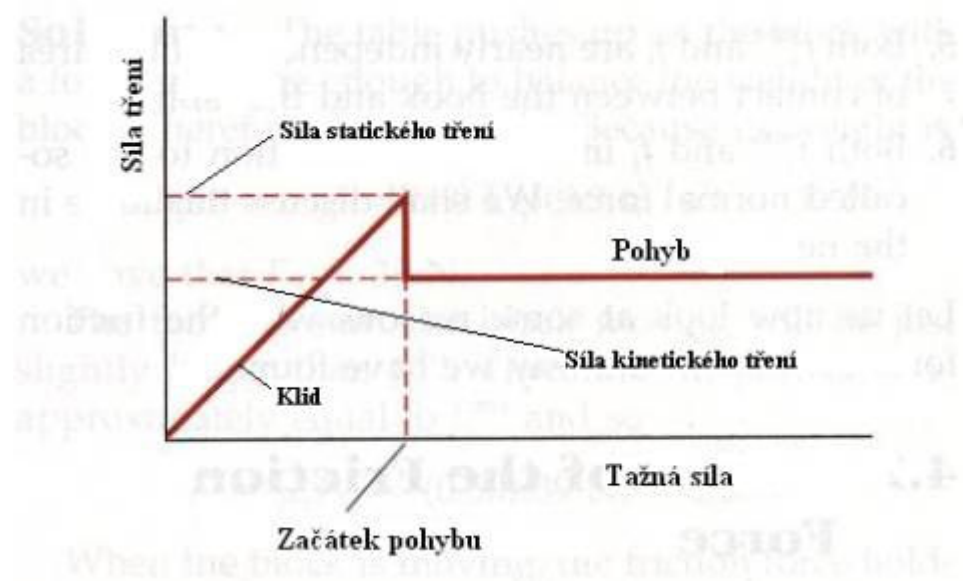
Obě závislosti (rychlost a čas) lze vysvětlit pomocí tzv. teorie mikrosvárů. Základní myšlenka této teorie plyne z obr. 5, kde jsou schematicky znázorněny dva po sobě klouzající povrchy. V místech, kde se vzájemně dotýkají „výstupky“ obou ploch, dochází k tak těsnému kontaktu, že atomy obou povrchů jsou ve vzájemném kontaktu, a budou na sebe působit meziatomovými silami – vzniknou mikrosváry. [0]



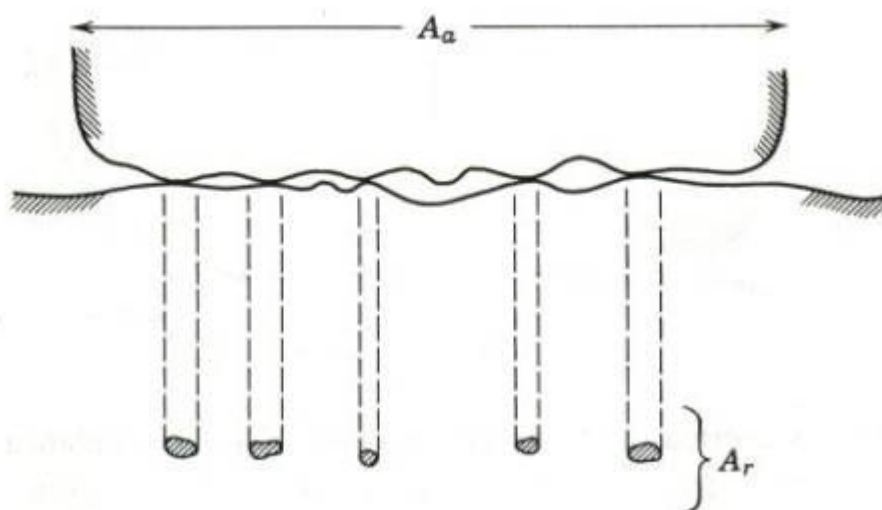
Obr. 2 Závislost koeficientu tření
na rychlosti pohybu [0]



Obr. 3 Závislost koeficientu tření
na čase (do začátku pohybu) [0]



Obr. 4 Závislost síly tření (koeficientu tření) na tažné síle (čase) [0]



Obr. 5 Vzájemný vztah mezi skutečnou a zdánlivou třecí plochou [0]

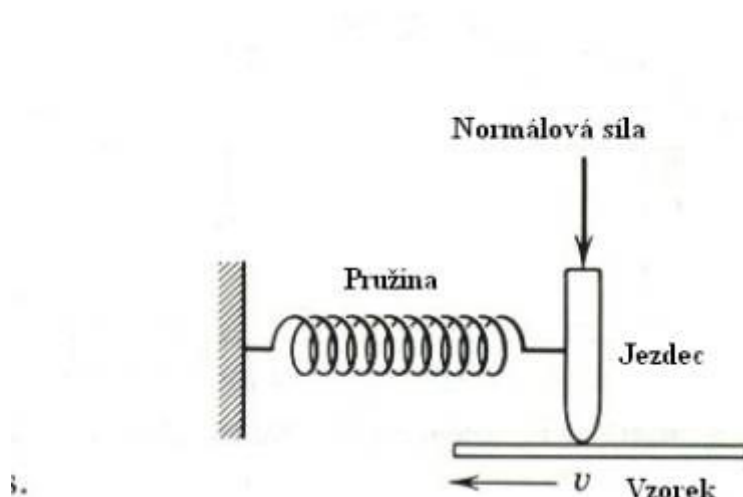
V tabulce č.1 jsou uvedeny koeficienty tření pro některé v praxi používané dvojice materiálů.

Tab. 1 Koeficienty tření pro používané dvojice materiálů [0]

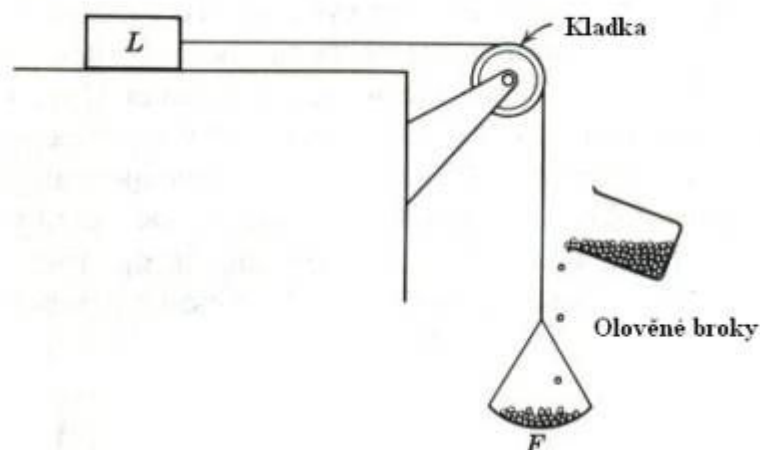
Materiál	μ	Materiál	μ
Dřevo – dřevo (suché)	0,40	Kov – kov (olej)	0,05
Dřevo – dřevo (namydlené)	0,20	Velmi dobře vyleštěné plochy	0,03
Kov – dubové dřevo (suché)	0,55	Ocel – achát (suché)	0,20
Kov – dubové dřevo (mokré)	0,25	Ocel – achát (olej)	0,11
Kůže - dub	0,32	Ocel – křemen (suché)	0,50
Kůže – kov (suché)	0,56	Pneumatika –beton (suché)	0,70
Kůže – kov (mokré)	0,36	Pneumatika – beton (mokré)	0,25
Kůže – kov (olej)	0,15	Dřevo - kámen	0,40
Kov – kov (suché)	0,17	Teflon - teflon	0,07
Kov – kov (mokré)	0,30	Nylon - nylon	0,25

2.3.1 Měření koeficientu tření

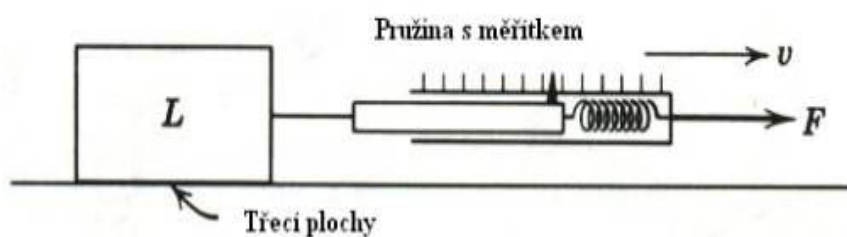
Koeficient tření μ lze měřit různě. Některé metody jsou uvedeny na obr. 5,6 a 7 , jejich princip je patrný z obrázků. [0]



Obr. 6 Měření koeficientu tření [0]



Obr. 7 Měření koeficientu tření [0]



Obr. 8 Měření koeficientu tření [0]

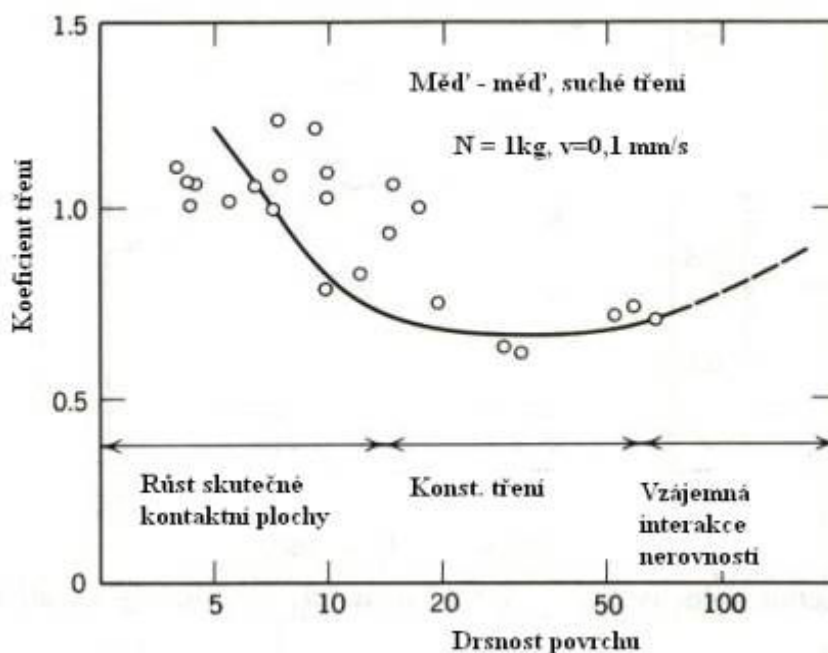
2.3.2 Základní zákony suchého tření

Tyto zákony lze shrnout do několika bodů

- Úměra mezi velikostí třecí síly a kolmým tlakem je důsledkem skutečnosti, že každá z obou veličin závisí na materiálových konstantách, charakterizujících obě kontaktní plochy, násobené toutéž hodnotou skutečné kontaktní plochy.
- Nezávislost třecí síly na zdánlivé kontaktní ploše lze objasnit pomocí představy, že to je skutečná a nikoliv zdánlivá plocha, která řídí interakci mezi oběma tělesy. A tato skutečná plocha nezávisí na ploše zdánlivé.
- Poměrně slabá závislost třecí síly na rychlosti pohybu obou těles po sobě souvisí s malou závislostí mezi napětím a deformací v plastické oblasti většiny materiálů.

Tam, kde je tato závislost výraznější, je výraznější i závislost třecí síly na rychlosti pohybu.

- Slabá závislost třecí síly na drsnosti třecích ploch souvisí s tím, že nejvíce deformační práce se spotřebuje na vyvolání smykového posunutí výstupků na plochách (na rozdíl od mnohem menší práce, spotřebované na jejich vzájemném klouzání po sobě) [0]



Obr. 9 Závislost koeficientu tření na drsnosti povrchu [0]

2.3.3 Snížení tření

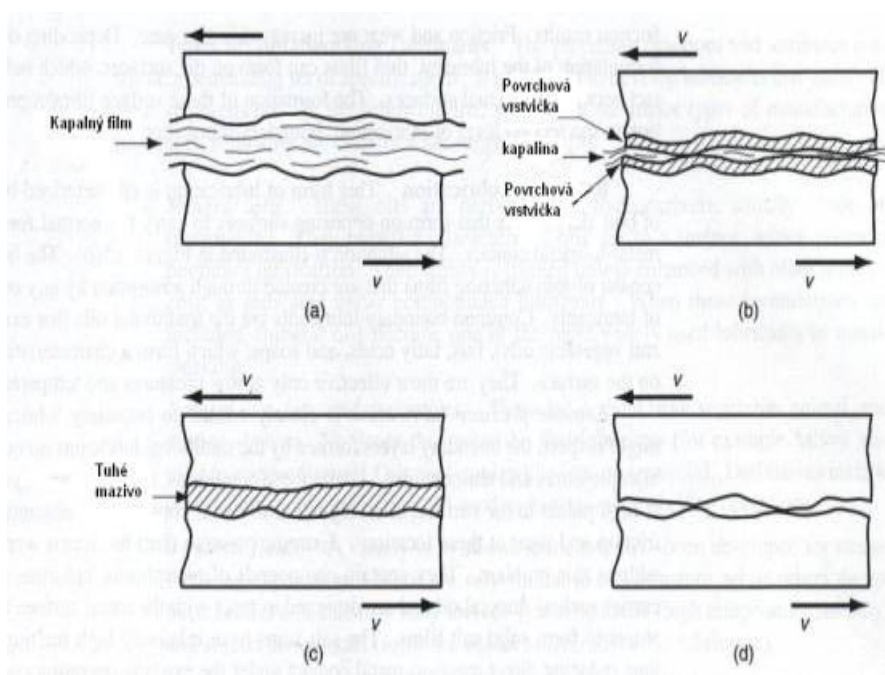
Ze zkušeností je jasné, že za použití maziv se suché tření výrazně sníží. Způsoby mazání je možno rozdělit do tří skupin. [0]

1) Mazání pomocí tenkého kapalného filmu. Princip spočívá v tom, že obě třecí plochy jsou vzájemně odděleny tenkou vrstvičkou vhodné kapaliny. Mezera mezi plochami bývá velká ve srovnání s jejich drsností. Koeficient tření je dán vlastnostmi mazací kapaliny hlavně její viskozitou. Tento způsob mazání se označuje jako tzv. hydrodynamické mazání. [0]

2) Mazání pomocí vytvoření povrchové vrstvičky. Na obou třecích plochách se vytvoří povrchové vrstvičky. Ty jsou vytvořeny pomocí adsorpce různých maziv (minerální či rostlinné oleje, tuky, mastné kyseliny, mýdla apod.). Tento způsob mazání se používá většinou při nižších teplotách a tlacích. Pro vysoké teploty a tlaky se tyto vrstvičky vytvářejí

pomocí různých aditiv, která jsou přidávána do minerálních olejů (fosfor, chlór a síra). Tímto způsobem vzniknou poměrně pevné vrstvičky (soli), které mají vysokou teplotu tání a brání přímému kontaktu obou povrchů. [0]

3) Mazání pomocí tuhých maziv. Mezi tuhá maziva se řadí grafit, siřník molybdenu a teflon. Tyto látky se aplikují ve formě prášku, který přilne k oběma třecím plochám a chemicky s nimi reaguje. Hlavním úkolem těchto maziv je oddělit od sebe obě třecí plochy prostředím s malým koeficientem tření. Tento způsob mazání se využívá při vysokých teplotách a tlacích a v agresivním prostředí, kde jsou jiné druhy maziv neefektivní. [0]



Obr. 10 Základní principy mazání: a) hydrodynamické, b) pomocí adsorbovaných tenkých vrstviček, c) pomocí tuhých maziv, d) suché tření [0]

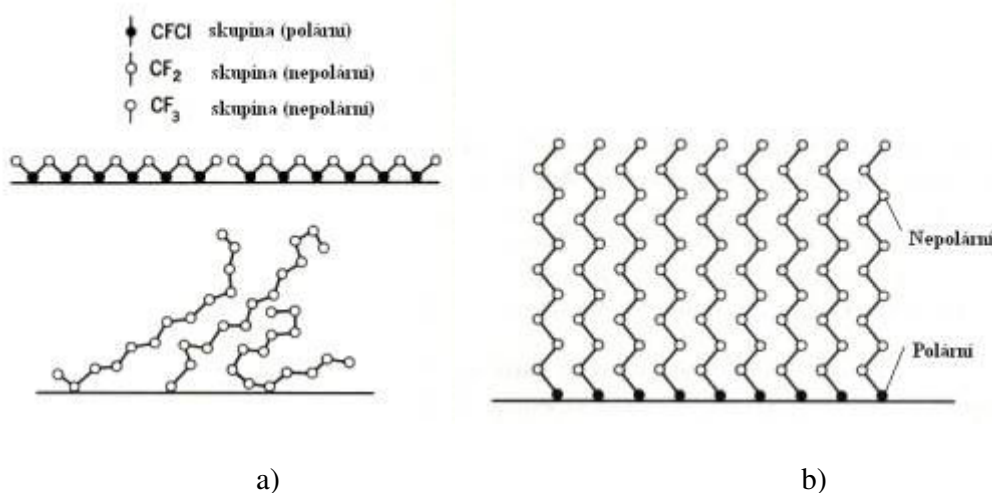
2.3.4 Konkrétní druhy maziv a jejich vlastnosti

- minerální oleje - vyrábějí se z ropy a vytvářejí na povrchu třecích ploch tenké povrchové vrstvičky, jsou velmi rozšířené;
- rostlinné oleje, tuky a jejich deriváty - vyrábějí se z rostlin a zvířecích tuků, patří k prvním používaným mazivům a zahrnují mýdla, tuky, vosky a mastné kyseliny;
- syntetická kapalná maziva - svojí strukturou jsou podobné olejům, patří sem syntetické estery a silikonové oleje, používají se za vysokých teplot;
- kompozitní maziva - zahrnují minerální oleje, doplněné aditivy, kterými jsou: sloučeniny fosforu, síry a chlóru, pevné látky, jako grafit a siřník molybdenu,

oxidační inhibitory, přídavky, zamezující pění, přídavky proti množení bakterií a jiných organismů;

- vodní maziva – samotná voda je sama o sobě špatné mazivo, avšak přidají – li se do ní vhodné látky, může se použít jako mazivo, neboť má dobré chladicí schopnosti, jako přísady lze použít olej (emulze s vodou), nebo i jiné speciální chemikálie rozpustné ve vodě;
- povrchové vrstvy – povrchy třecích ploch lze pokrýt kovy (Zn, Sn apod.), které na nich vytvářejí plastické povlaky, polymery (teflon), skla (pro vysoké teploty). [0]

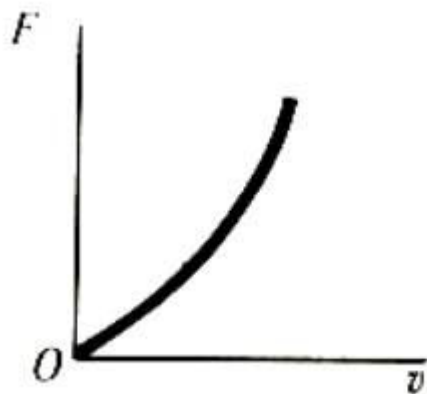
Obecně lze říci, že nejlepší maziva jsou taková, kde jejich struktura je tvořena molekulami s dlouhými řetězci, ukončenými nenasycenou vazbou, která se naváže na jednu z ploch. Mazací účinek potom připomíná „klouzání“ po mokré trávě. [0]



Obr. 11 Princip mazání a) nepřítliš efektivní maziva, b) velmi dobrá maziva [0]

2.4 Mokré (vazké) tření

Značné snížení tření obou třecích ploch se dosáhne za použití kapalin jako maziv. Názorně si to lze představit tak, že se po sobě již nepohybují obě plochy, ale tenké vrstvičky kapaliny – tzv. *mokrý tření*. Stejný případ se může označit, když se v nějaké kapalině pohybuje těleso (např. kulička o poloměru r). V obou případech lze pozorovat, že statické tření je nulové (obě třecí plochy se po sobě začnou pohybovat už při působení nepatrné síly). Je to rozdíl proti suchému tření, u kterého bylo třeba působit jistou (někdy dosti značnou silou), aby se tažené těleso dalo do pohybu. Závislost síly mokrého tření na rychlosti je schematicky znázorněna na obr. . [0]



Obr. 12 Schematická závislost síly mokrého tření na rychlosti [0]

Jak uvádí zdroj [0]: „Matematicky lze tuto závislost popsat Stokesovým vztahem

$$F_t = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v = \beta \cdot v \quad (2.7)$$

Kde η je vazkost kapaliny a r je charakteristický rozměr těles (poloměr kuličky, vzdálenost třecích ploch, apod.). Z Obr. plyne, že pro větší rychlosti se přímá úměrnost změní na kvadratickou závislost (Newtonův vztah)“.

$$F_t = C \cdot v^2 \quad (2.8)$$

3 Metody měření tření textilních materiálů

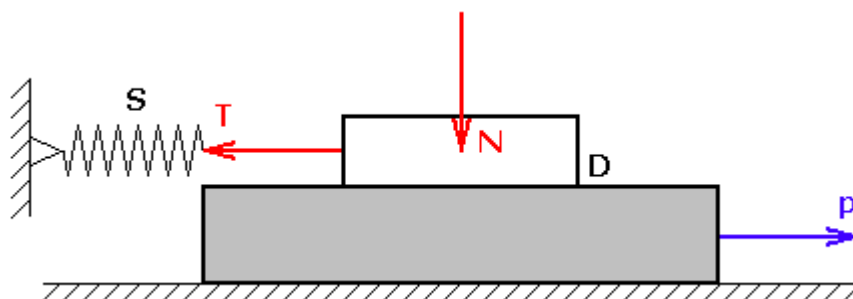
V praxi je důležité jak statické, tak i dynamické tření. Ne na všech zařízeních je však možnost oba druhy tření zjišťovat. Některé přístroje slouží k měření statického tření, jiná zařízení zjišťují pouze tření dynamické. Jsou však i přístroje, které umožňují zjišťovat a měřit jak tření statické, tak i dynamické. [0]

Metody měření koeficientu tření je možné rozdělit do 6 skupin:

- 1) dvě stýkající se roviny pohybující se vůči sobě posuvným pohybem
- 2) dvě stýkající se roviny, z nichž jedna klouže po rotující rovině
- 3) rovina klouže proti směru rotujícího válce (válců)
- 4) rovina ve tvaru pásu obepínající rotující válcovou plochu
- 5) nakloněná rovina
- 6) dynamometr [0]

3.1 Dvě stýkající se roviny pohybující se vůči sobě posuvným pohybem

Základem pro zkoumání tření se stala metoda měření tření pomocí přístroje Bowdena – Lebena.

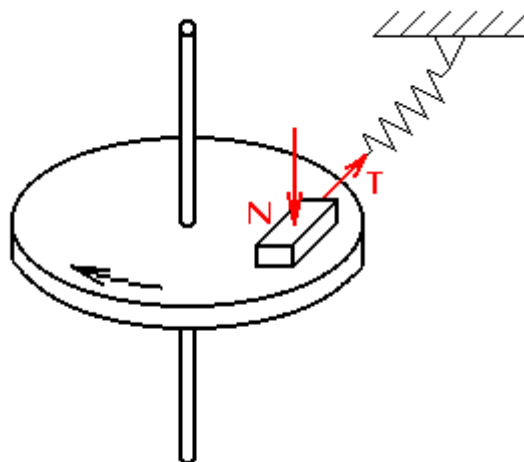


Obr. 13 Dvě stýkající se roviny pohybující se vůči sobě posuv. pohybem [0]

Jak uvádí zdroj [0]: „Třecí element D, na který působí zatížení N [N], tlačí na destičku umístěnou pod ním, na které je upevněna textilie. Destička se pohybuje konstantní rychlostí. Síla tření táhne třecí element spolu s destičkou až do okamžiku, kdy se jí síla vyvíjená pružinou S, která je upevněná k třecímu elementu, vyrovná. Natažení spirály je pak měřítkem tření statického. Jelikož tření dynamické je nižší než tření statické, bude třecí element, ihned jakmile začne klouzat, stažen zpět až do vyrovnání síly

vyvíjené pružinou s hodnotou dynamického tření. Zde se zastaví a bude se vracet zpět na hodnotu síly statického tření“.

3.2 Dvě stýkající se roviny, z nichž jedna klouže po rotující rovině



Obr. 14 Dvě stýkající se roviny, z nichž jedna klouže po rotující rovině [0]

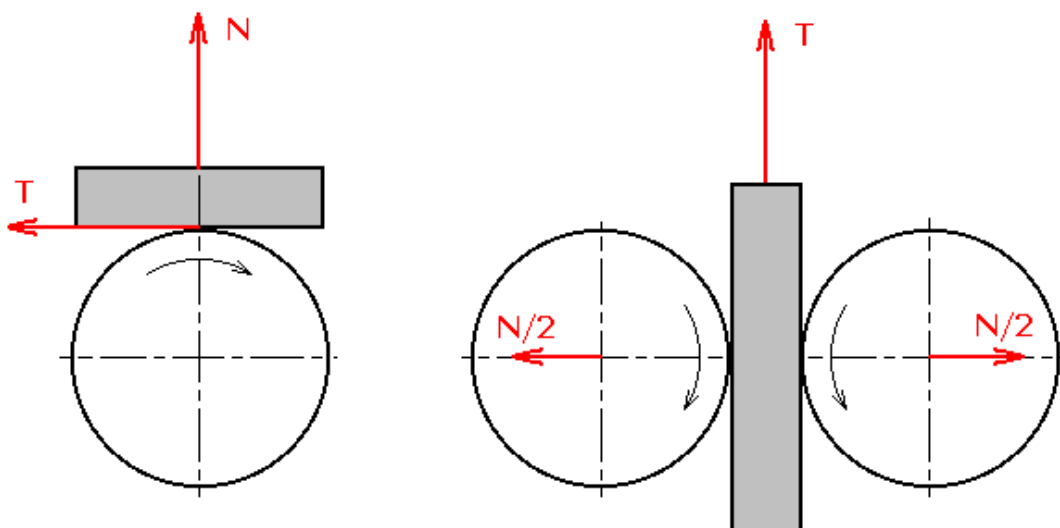
Na povrchu vnějšího obvodu rotujícího kotouče je umístěn třecí element se zkoumaným materiálem. Jak uvádí zdroj [0]: „Normálová síla je nastavitelná přes vahadlo cejchovaného mikrometrického šroubu. Na části vahadla je umístěn snímač, který registruje třecí sílu. Koeficient tření se vypočítá ze znalosti normálové síly působící na třecí element a ze změřené třecí síly podle vzorce“.

$$T = \mu N \quad (3.1)$$

Přístroje, které pracují na tomto principu, měří dynamický koeficient tření v širokém rozsahu rychlosti unášeného kotouče. Je možné vyjádřit i statický koeficient tření, ale pro různé druhy materiálů odpovídají různé registrační snímače. [0]

3.3 Rovina klouže proti směru rotujícího válce (válců)

Zařízení pracuje na principu přitlaku třecího elementu se vzorkem k rotujícímu válci. Je zde definovaný tlaku pružiny, která je umístěná na kloubu s nastavitelným předpětím. Třecí síla působící proti předpětí kloubu a vychýlí toto rameno ve směru rotujícího válce. Přístroj stanoví pouze dynamický koeficient tření. Přítlačná síla pružiny a nastavení kloubu se mění v závislosti na druhu textilie a materiálu. [0]



Obr. 15 Rovina klouzající proti směru rotujícího válce (válců) [0]

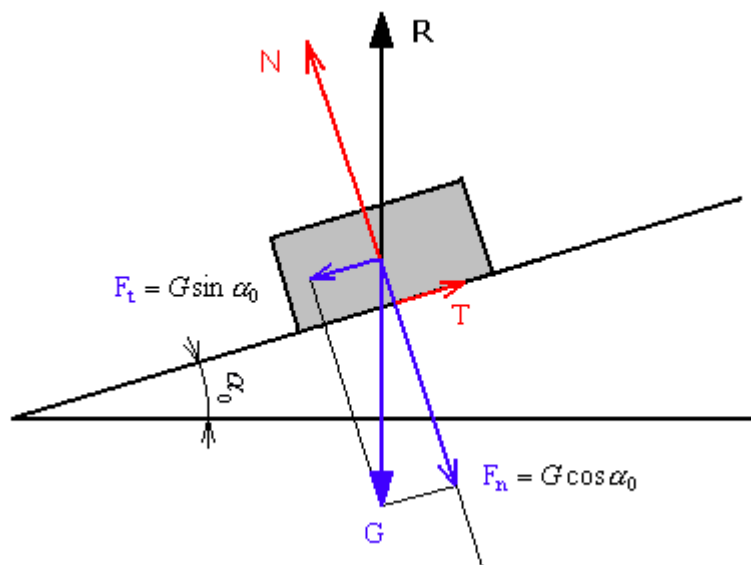
3.4 Rovina ve tvaru pásu obepínající rotující válcovou plochu

Zařízení zkoumá vzorek ve tvaru pásu vzájemně obepínající válcový povrch, jenž rotuje. V této metodě se vypočítává koeficient tření z velikosti napětí ve zkoumaném vzorku podle Eulerova vztahu. [0]

3.5 Metoda nakloněné roviny

Jako vhodnou metodou pro měření tření plošných textilií se jeví nakloněná rovina, která umožňuje nejjednodušší způsob měření statického koeficientu tření, ale taktéž je možno měřit i dynamický koeficient tření. [0]

Síla tření, neboť jde o reakci, má opačný směr než síla, která se snaží tělesa ve směru jejich styčné plochy navzájem posunout a dokud relativní pohyb nenastane, má s ní i stejnou velikost. Přitom může dosáhnout nejvýše hodnoty, kterou udává rovnice $T = \mu N$. Síla tření tedy vymizí, nepůsobí-li žádná síla, která by mohla způsobit relativní pohyb těles. Takovou vlastnost síly tření za klidu musíme požadovat, má-li být splněn princip setrvačnosti. [0]



Obr. 16 Nakloněná rovina [0]

Jak uvádí pramen [0]: „Nakloněná rovina má právě sklon, který se rovná úhlu tření. Těleso umístěné na nakloněné rovině je v klidu. To znamená, že váha tělesa G se ruší s reakcí podpory R . Pokud platí $R = -G$, ruší se i složky obou sil v kolmém směru k nakloněné rovině a i ve směru k ní tečném. Kolmá složka F_n váhy je v rovnováze s kolmou složkou N reakce roviny a tečná složka F_t váhy je zřejmě v rovnováze s tečnou složkou T reakce roviny. Tečná složka T je silou tření. Pomocí rovnic je snadné najít vztah síly tření k úhlu tření α_0 “.

Z obr. plyne:

$$|F_t| = |T| = |G| \sin \alpha_0 \quad \text{a} \quad |F_n| = |N| = |G| \cos \alpha_0 \quad (3.2)$$

Takže pro velikost síly tření dostaneme:

$$|T| = |N| \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (3.3)$$

Úhel tření α_0 je pro dva dané povrchy stálý, takže síla tření je přímo úměrná tlakové síle jednoho tělesa působící na druhé. To je tzv. Amonton - Coulumbův zákon smykového tření. [0]

Pokud pro konstantu úměrnosti zavedeme označení

$$\mu_0 = \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (3.4)$$

můžeme úměrnost mezi silou tření a kolmou tlakovou silou vyjádřit ve tvaru:

$$|T| = \mu_0 |N| \quad (3.5)$$

Konstanta μ_0 (nebo f_s) je značena jako koeficient smykového tření za klidu nebo také statický koeficient tření. Koeficient závisí stejně jako úhel tření α_0 na vlastnostech stýkajících se ploch (např. vazbě plošné textilie a hladkosti povrchů). [0]

3.6 Dynamometr

K odzkoušení mechanických vlastností se používá dynamometru. Umožňuje zkoušky jednoosého namáhání v tahu a tlaku. Přístroj je řízen počítačem a jeho rozsah se mění výměnou měřících hlav. Pro účely experimentu bylo užito dynamometr s posuvnou horní čelistí.

Na dolní část výše zmíněného zařízení byla připevněna dřevěná podložka, na kterou byl upevněn daný vzorek. Na vzorek byla položena kostička přichycená na nitce, jejíž konec byl upevněn do horní čelisti již zmíněného zařízení. Hodnoty měření plynou z posunu kostičky po dané textilii. Na textilii působí kolmá a tečná složka tíhy kostičky, jak demonstruje Obr. 17.



Obr. 17 Dynamometr - LabTest 2.010

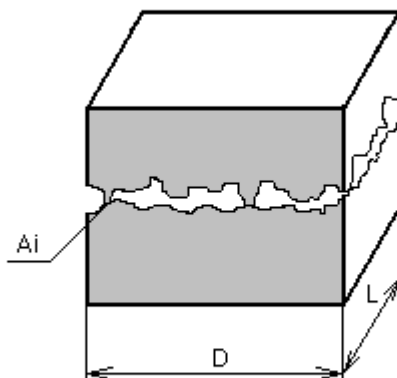
4 Teoretické vztahy a výsledky experimentů

Pro zjištění velikosti třecí síly se určuje koeficient tření, který určuje velikost tření.

Velikost koeficientu tření u plošných textilií může sloužit jako konečný aspekt k zařazení textilie pro určité použití. Podle toho, jak je koeficient tření veliký, je možné určit technologii výroby oděvu nebo může ovlivnit celkové využití materiálu a jeho zhodnocení konečným spotřebitelem. [0]

4.1 Smykové tření

Smykové tření můžeme nazvat též jako vlečné nebo kinematické. Jedná se o tření, které vzniká mezi tělesy při jejich posuvném pohybu. [0]



Obr. 18 Smykové tření [0]

Třecí síla F_t při smykovém tření má velikost:

$$F_t = f F_n \quad (4.1)$$

kde f je součinitel smykového tření, F_n je kolmá tlaková síla mezi tělesy. [0]

Smykové tření je pro poměrně velký rozsah rychlostí téměř konstantní, avšak uvede-li se těleso do pohybu (za jinak stejných podmínek) je tření větší než u tělesa, které se již pohybuje. Rozlišuje se proto smykové tření klidové (*statické*) a za pohybu (*kinematické*). Stejně se také rozděluje součinitel tření na statický μ_0 a kinematický μ .

Velikost smykového tření za pohybu pro dva dané povrchy je obvykle menší než velikost smykového tření v klidu pro stejné dva povrchy, tzn. $\mu < \mu_0$. Pro malé rychlosti lze závislost smykového tření na rychlosti zcela zanedbat a v takovém případě se jedná o tzv. suché (Coulombovo) tření. [0]

Závislost součinitele smykového tření na rychlosti se projevuje tím, že pokud se začne těleso pohybovat po nakloněné rovině, je zrychlení větší než by se očekávalo pro daný součinitel tření za klidu μ_0 , neboť uvedením tělesa do pohybu došlo ke snížení hodnoty součinitele tření. [0]

Velikost smykového tření nezávisí na velikosti plochy styku obou těles, ale je úměrná velikosti normálové síly, přičemž koeficient úměrnosti (tedy součinitel smykového tření) na této normálové síle nezávisí. Toto tvrzení se označuje jako Amontonsův zákon. [0]

4.1.1 Součinitel smykového tření

Koeficient smykového tření se vztahuje k určité materiálové dvojici a ke konkrétním podmínkám tření. Jeho velikost závisí na řadě faktorů, jako je např. povrch plošných textilií, použitý typ plošné textilie, dostava a použitá vazebná technika. [0]

Součinitel smykového tření je fyzikální veličina, která udává poměr třecí síly a kolmé tlakové síly mezi tělesy při smykovém tření. Hodnoty součinitele smykového tření závisí na konkrétní dvojici látek, na povrchu a drsnosti těles. Je obvykle menší, než součinitel klidového tření. [0]

4.1.2 Značení

- značka: f, μ
- základní jednotka: bez jednotky
- zjišťování: experimentálně a výpočtem $f = F_t / F_n$, kde F_t je třecí síla, F_n je kolmá tlaková síla mezi tělesy [0]

4.1.3 Příklady hodnot součinitele smykového tření

Tab. 2 Hodnoty součinitele smykového tření [0]

Rozhraní	Součinitel tření
----------	------------------

ocel-ocel	0,1
ocel-dřevo	0,35
dřevo-dřevo	0,3
ocel-led	0,027
dřevo-led	0,035

4.2 Klidové tření

Klidové tření vzniká mezi tělesy, které se vzhledem k sobě nepohybují - jsou v klidu. Jedná se o speciální případ smykového tření. [0]

Vyšší statické tření může být způsobeno různými vazbami mezi kluznými povrchy. Síla, která je potřebná k uvedení tělesa do pohybu, je vyšší, než síla potřebná k udržení pohybu rovnoměrného. [0]

Klidová třecí síla F_t má velikost:

$$F_t = f_0 F_n \quad (4.2)$$

kde f_0 je součinitel klidového tření, F_n je kolmá tlaková síla mezi tělesy. [0].

4.2.1 Součinitel klidového tření

Součinitel klidového tření je fyzikální veličina, která udává poměr třecí síly a kolmé tlakové síly mezi tělesy při klidovém tření. Hodnoty součinitele klidového tření závisí na konkrétní dvojici látek na povrchu těles, mezi kterými je klidové tření. Součinitel klidového tření bývá větší než součinitel smykového tření pro stejná tělesa. [0]

4.2.2 Značení

- značka: f_0, μ_0
- základní jednotka: bez jednotky

- zjišťování: experimentálně a výpočtem $f_0 = F_t / F_n$, kde F_t je třecí síla, F_n je kolmá tlaková síla mezi tělesy [0]

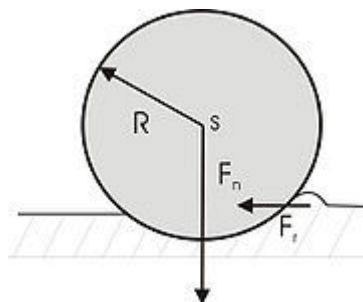
4.2.3 Příklady hodnot součinitele klidového tření

Tab. 3 Hodnoty součinitele klidového tření [0]

Rozhraní	Součinitel tření
ocel-ocel	0,15
ocel-dřevo	0,65
pryž-led	0,15
pryž-mokrý asfalt	0,35
pryž-suchý asfalt	0,55

4.3 Valivý odpor

Tento druh tření (valivé tření) vzniká mezi tělesem kruhového průřezu, které je ve valivém pohybu a podložkou.



Obr. 19 Valivý odpor [0]

Valivého tření F_t má velikost:

$$F_t = \xi \frac{F_n}{R} \quad (4.3)$$

kde ξ je rameno valivého odporu, F_n je kolmá tlaková síla mezi tělesy, R je poloměr průřezu tělesa. [0]

4.3.1 Rameno valivého odporu (součinitel valivého tření)

Tato fyzikální veličina udává poměr velikosti valivého odporu a kolmé tlakové síly mezi tělesy (podložkou a kolem) při jednotkovém poloměru kola. Hodnoty ramena valivého tření závisí na konkrétní dvojici látek těles, mezi kterými je valivý odpor. [0]

4.3.2 Značení

- symbol veličiny: ζ
- základní jednotka: metr, značka jednotky: m
- další jednotky: centimetr cm , milimetr mm
- zjišťování: experimentálně a výpočtem $\zeta = F_v \cdot R / F_n$, kde F_v je velikost valivého odporu, F_n je kolmá tlaková síla mezi tělesy, R je poloměr kola [0]

4.3.3 Příklady hodnot součinitele valivého tření

Tab. 4 Hodnoty součinitele valivého tření [0]

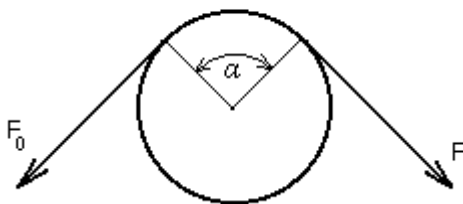
Rozhraní	Součinitel tření
dřevo-dřevo	0,0008 m
ocel-ocel	0,00003 m
pryžové kolo-asfalt	0,0016 m
ocelové kolo-kolejnice	0,0005 m

4.4 Tření opásáním

Toto tření je též možné nazývat jako tření Eulerovo. Při tření opásaných předmětů kruhového průřezu používáme Eulerův vztah:

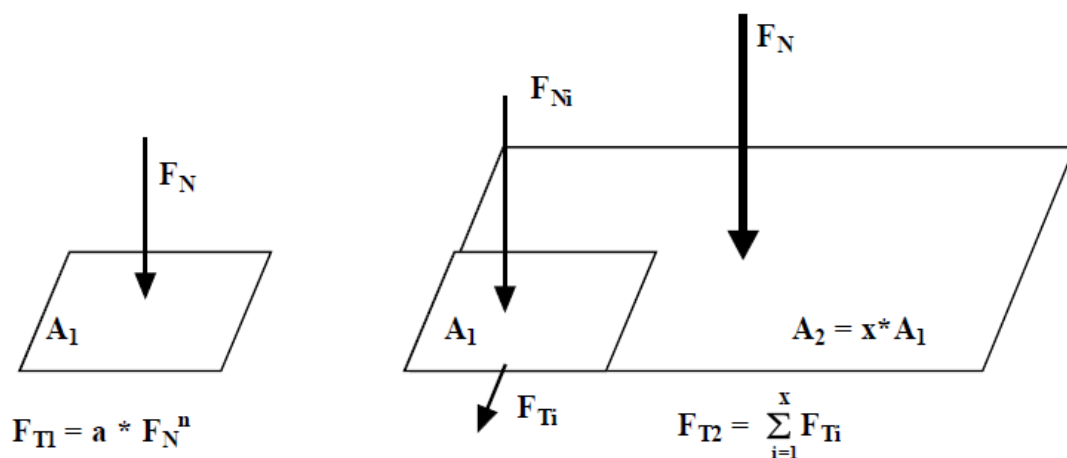
$$F = F_0 \cdot \exp(f_\alpha) \quad (4.4)$$

kde F je třecí síla za třecím tělesem, F_0 je napínací síla před tělesem, α je úhel opásání, f_α je součinitel tření opásáním. [0]



Obr. 20 Tření opásáním [0]

5 Analýza vlivu velikosti plochy kontaktu



Obr. 21 Velikost plochy kontaktů [0]

Z obrázku vyplývá:

$$F_{N_i} = \frac{F_N}{x}$$

$$F_{T_i} = a * \left(\frac{F_N}{x} \right)^n$$

$$F_{T2} = x * a * \left(\frac{F_N}{x} \right)^n \Rightarrow \frac{F_{T2}}{F_{T1}} = \frac{x * a * \left(\frac{F_N}{x} \right)^n}{a * F_N^n} = x^{1-n} = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{(1-n)}$$

Pro konstantní plochu platí:

$$F_T = a * F_N^n$$

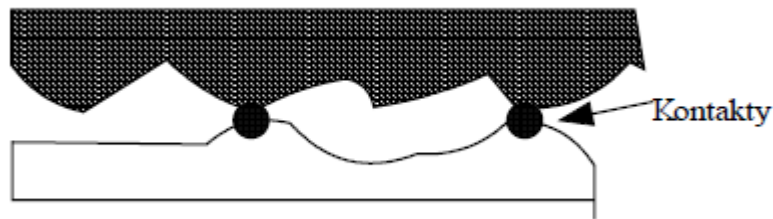
a pro konstantní zatížení:

$$F_T = b * A^{(n-1)}$$

(5.1)

5.1 Bowdenova teorie

Teorie čerpá z předpokladu, že na počátku je mezi povrchy málo kontaktů. Na každém povrchu jsou nerovnosti, u nichž přítláčná síla F_N vyvolá na malých plochách kontaktů vysoký tlak a ten pak vyvolává vzrůst teploty. Když se stlačí místa kontaktů, roste plocha kontaktu A_R . Díky vzrůstu teploty pak dochází k „natavení“ míst kontaktů. [0]



Obr. 22 Kontakty na površích třecích ploch [0]

Pro oddělení povrchů je pak třeba třecí síla

$$T_T = \tau_s * A_R$$

kde

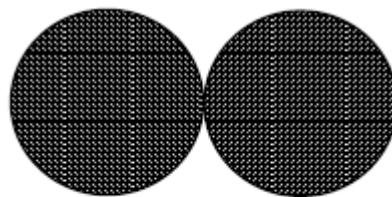
τ_s - je smyková pevnost slabšího méně pevného materiálu

A_R - je reálná plocha kontaktů

(5.2)

5.2 Hertzova teorie

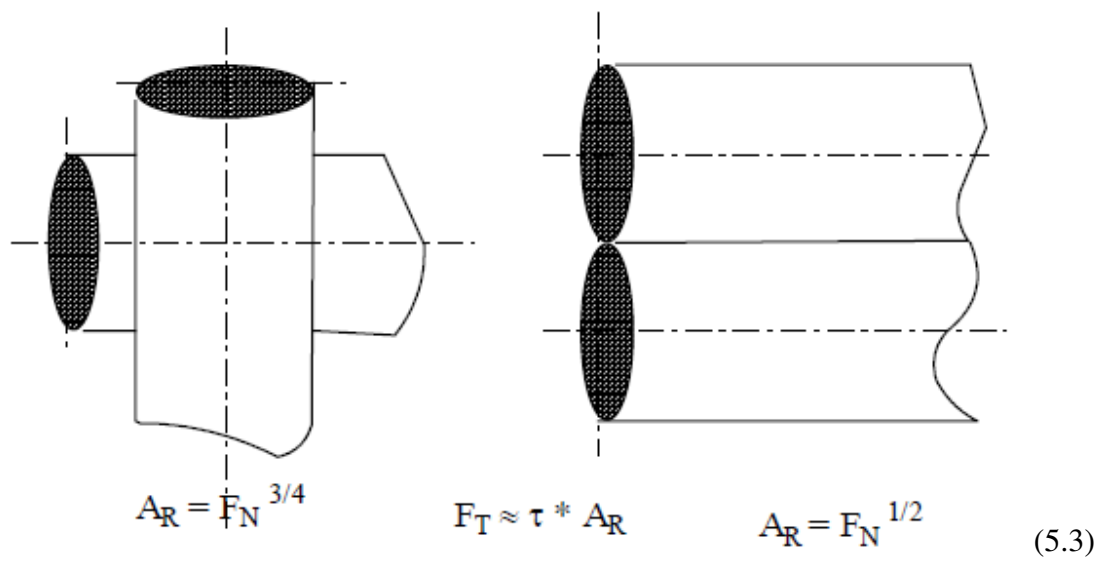
Případ dvou koulí – bodový kontakt



$$A_R \approx F_N^{2/3}$$

Obr. 23 Hertzova elastická deformace - bodový kontakt [0]

Případ dvou válců – bodový a lineární kontakt



Obr. 24 Hertzova elastická deformace – bodový a lineární kontakt [0]

6 Praktická část

Tato část práce se zaměřuje na zkoumání frikčních vlastností textilií. Člení se jednak na posuzování statického a dynamického tření za sucha a jednak na posuzování mokrého tření, kdy v pravidelných intervalech docházelo k postupnému vysušování vzorku.

6.1 Použitý materiál

Pro daný experiment byly vybrány takové vzorky, které simulují svrchní ošacení, dále pak vzorky, které simulují oděv pro běžné denní nošení a vzorky, kterým se může přiřadit charakter spodního prádla.

6.1.1 Vzorky určené pro běžné denní nošení

Prvním zkoumaným materiálem byla pletenina – triko určené pro běžné denní nošení. Vyrobené ze 100% bavlny, plošná hmotnost je $0,152 \text{ kg/m}^2$ a $\rho_f = 160$ a $\rho_s = 150$. Jedná se o jedolící zátaznou pleteninu. Země původu byla uvedena Čína. Tento vzorek byl zakoupen v prodejně Vietnamských obchodníků.

Dalším testovaným vzorkem byla stejná pletenina, které se však před začátkem měření několikrát vyprala v pračce a po usušení se vyžehlila. Tento vzorek simuloval nošený oděv. Jednalo se o jedolící zátaznou pleteninu vyrobenou ze 100% bavlny, plošná hmotnost je $0,101 \text{ kg/m}^2$ a $\rho_f = 150$ a $\rho_s = 140$. Na Obr.25 je vlevo znázorněn vzorek pleteniny - trika a vpravo vzorek pleteniny - trika, který se před měřením několikrát vypral a vyžehlil.



Obr. 25 Vzorky z pleteniny - trika

Třetím zkoumaným materiálem byla opět pletenina - triko, jiného charakteru – bylo hladší a mělo větší tloušťku. Už na první pohled a posléze i na omak vykazovalo daleko lepší kvalitu než vzorky popsané v předchozích odstavcích. Opět se jednalo o vzorek vyrobený ze 100% bavlny, plošná hmotnost byla $0,043 \text{ kg/m}^2$ a $\rho_f = 150$ a $\rho_s = 120$. Jednalo se o jednolícni zátažnou pleteninu.



Obr. 26 Pletenina – triko z bavlny

Dále byla zkoumána pletenina z bavlny - tílko, které bylo specifické žebrovanou vazbou. Tento výrobek je opět ze 100% bavlny a vyrobený v Číně, jeho plošná hmotnost byla $0,075 \text{ kg/m}^2$ a $\rho_f = 170$ a $\rho_s = 150$. Jednalo se o oboulícni zátažnou pleteninu. Vzorek byl zakoupen v prodejně Vietnamských obchodníků.



Obr. 27 Bavlněná pletenina s žebrovou vazbou

6.1.2 Vzorky charakterizující spodní prádlo

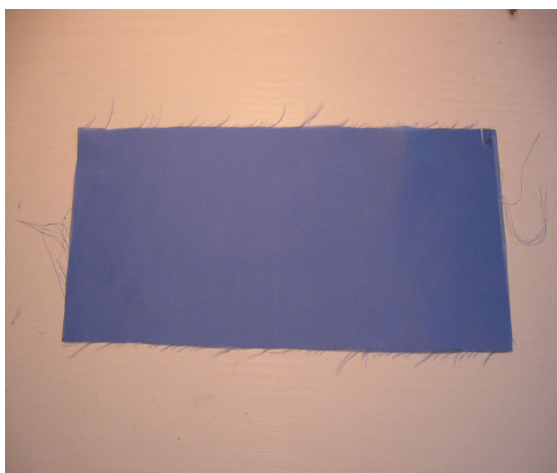
Pátým zkoumaným materiálem byla pletenina - triko vyrobené ze 100% polypropylenu, plošná hmotnost byla $0,045 \text{ kg/m}^2$ a $\rho_r = 140$ a $\rho_s = 120$. Jednalo se o oboulícni zátažnou pleteninu. Výrobek je vyrobený v České republice a byl zakoupen v obchodu specializovaném na funkční prádlo. Aby výrobek plnil svůj účel, nosí se především v přímém kontaktu s pokožkou těla.



Obr. 28 Funkční pletenina

6.1.3 Materiály určené pro svrchní ošacení

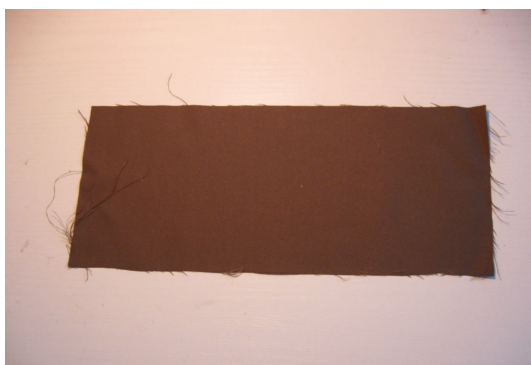
Poslední tři vzorky poskytla Katedra textilních materiálů. První vzorek – bledě modrá tkanina měla označení 105 Upilep, 5224601, modrá a byl dodán v šířce 20 metrů. Jedná se o tkaninu v plátňové vazbě s plošnou hmotností $0,128 \text{ kg/m}^2$ a $D_o = 490$ a $D_u = 460$. Tmavě modrá tkanina měla označení Bretex. Jednalo se o plátňovou vazbu, plošná hmotnost byla $0,135 \text{ kg/m}^2$ a $D_o = 500$ a $D_u = 470$. Poslední vzorek – zelená tkanina (počesaná) měla označení Gumotex. Jednalo se o lomený zesílený kepr, plošná hmotnost byla $0,153 \text{ kg/m}^2$ a $D_o = 530$ a $D_u = 460$. Všechny výše uvedené vzorky jsou z polyesteru.



Obr. 29 Bledě modrá tkanina



Obr. 30 Tmavě modrá tkanina



Obr. 31 Zelená tkanina

6.2 Použitá zařízení

K odzkoušení frikčních vlastností textilií bylo užito přístroje, jímž byl dynamometr s posuvnou horní čelistí od firmy Labor Tech. Umožňuje zkoušky jednoosého namáhání v tahu a tlaku. Přístroj je řízen počítačem a jeho rozsah se mění výměnou měřících hlav. Tento typ přístroje – LabTest 2.010 byl vyroben v roce 2001 a poslední datum kalibrace provedl ČMI 18.2.2009. Výrobní číslo je 016/01. Napětí je 230V / 50 Hz. Příkon je 120VA. A maximální zatížení je 1 kN. Experiment na tomto přístroji byl realizován na Katedře textilních materiálů.



Obr. 32 LabTest 2.010

6.3 Podmínky měření

Před samotným měřením bylo potřeba v počítači, který je propojený s trhacím zařízením, vytvořit definici, která specifikovala podmínky všech měření. Byly definovány následující parametry:

- výstupní hodnoty – F_{max} 5 – 45, F_{min} 5 – 45 a F_{avg}
- vstupní parametry nebyly definovány
- zkoumaný vzorek – plochý, rozměry – 0,2 a 120 mm, L_0 – 100 mm
- předpětí vzorku nebylo definováno
- rychlost posunu – rychlost průběhu zkoušky 50 mm/min

- ukončení zkoušky – rychlost návratu 50 mm/min při dosažení protažení 50 mm

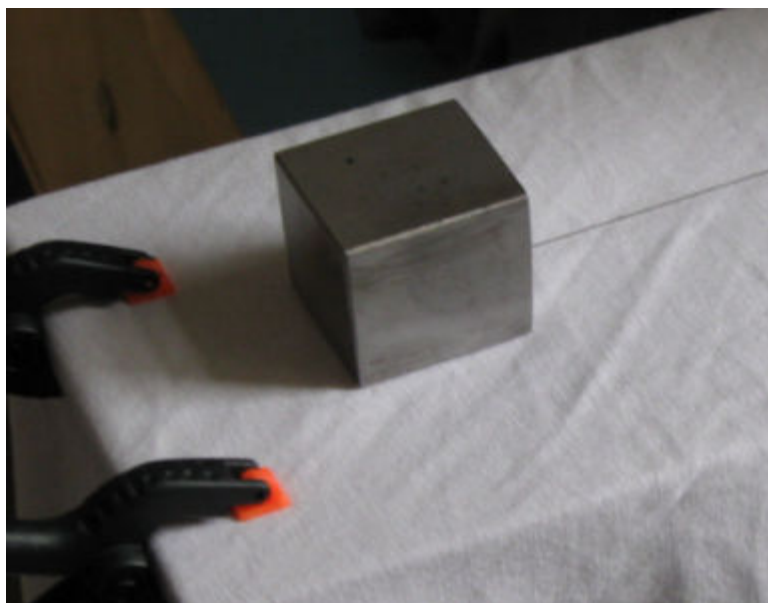
Další pomůckou byly kostičky, které se pohybovaly po zkoumaných materiálech. Hmotnost ocelové hladké kostičky je 271,3 g a hmotnost dřevěné kostičky s drátky je 232,8 g.

6.4 Postup měření

K tomu, aby byl na daných materiálech měřen vždy stejný úsek, bylo zapotřebí vyrobit 5 vzorků o rozměrech 26 x 12 cm ve směru příčném a 5 vzorků o rozměrech 12 x 26 cm ve směru podélném na všech zkoumaných textiliích. Všechny zkoušky byly provedeny na přístroji Lab Test 2.010.

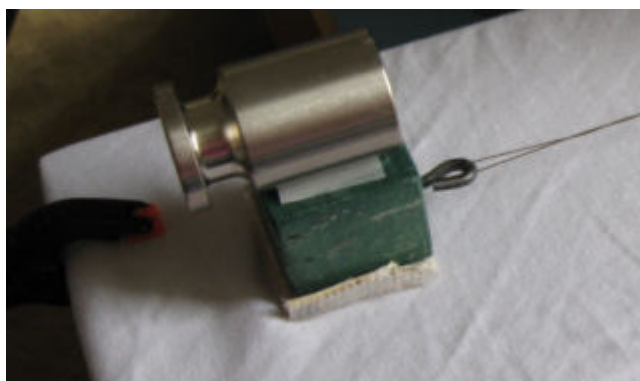
Na dolní část výše zmíněného zařízení byla připevněna dřevěná podložka, na kterou byl upevněn daný vzorek. Na vzorek byla položena kostička přichycená na nitce, jejíž konec byl upevněn do horní čelisti již zmíněného zařízení. Hodnoty měření vyplývaly z posunu kostičky po dané textilii.

Nejprve byl realizován experiment s hladkou ocelovou kostičkou o hmotnosti 271,3 g. Jak je vidět na obr. 32. S touto kostičkou bylo na každém materiálu provedeno měření dvakrát.



Obr. 33 Hladká, ocelová kostička

Poté bylo provedeno na téže textilií měření s dřevěnou kostičkou, na jejíž spodní části byl připevněn tvrdý papír, na kterém byly nalepeny v určitých rozestupech drátky o průměru 0,7mm. Jak je znázorněno na Obr. 33 a 34. Na dřevěnou kostičku bylo připevněno závaží, aby se celková hmotnost této kostičky co nejvíce přiblížila hmotnosti ocelové, hladké kostičky. Hmotnost dřevěné kostičky s drátky byla 232,8 g. Opět bylo na každém vzorku provedeno měření dvakrát. Tento experiment měl simulovat tření, které by probíhalo mezi textilií a bříškem prstu, jehož pokožka má určité specifické vroubky.



Obr. 34 Dřevěná kostička s drátky



Obr. 35 Dřevěná kostička s drátky

Jak již bylo uvedeno v předchozích odstavcích, na každé zkoumané textilii bylo provedeno měření dvakrát a to nejprve s hladkou, ocelovou kostičkou a poté s dřevěnou kostičkou s drátky. A to v prvním kroku na suchých zkoumaných materiálech.

Po první fázi měření se všechny zkoumané vzorky musely usušit na počáteční hmotnost pro následující měření za vlhka. Dané textilie se vložily do sušárny, kde se sušily po dobu cca 60 minut při 100°C, jak je zobrazeno na Obr. 35, mimo vzorku vyrobeného z moiry. Tento vzorek se sušil v jiné sušárně, která je vyfotografována na Obr. 36., a to z důvodu, aby nedošlo díky vysokým teplotám k znehodnocení funkčních vlastností materiálu. Vzorek z moiry se tedy sušil po stejnou dobu (cca 60minut), ale při 50 °C.



Obr. 36 Sušárna pro sušení při 100 °C



Obr. 37 Sušárna pro sušení při 50 °C

Po usušení, které bylo popsáno v předchozím odstavci, se vzorky vyjmuly ze sušárny a vložily do igelitového sáčku, aby okamžitě nenasákly vlhkost ze vzduchu. Dalším pomocným zařízením byla digitální (číslicová) analytická váha, která měří s přesností $\pm 0,5 \cdot 10^{-5}$ g .Vzorky se musely zvážit, jak je zobrazeno na Obr. 37. Navážená hmotnost jednotlivých vzorků bylo počáteční pro další měření tření za vlhka.



Obr. 38 Měření vzorku na digitální váze

Ve druhé fázi se měřilo tření za vlhka. Vzorky se smočily ve vodě po dobu 20 minut, po té byly vloženy mezi dva filtrační papíry a byla domáčkuta přebytečná vlhkost. Vzorky byly zváženy a mohlo dojít k samotnému měření na již zmíněném zařízení Labor Tech. Měření bylo provedeno dvakrát s hladkou, ocelovou kostičkou a pouze jednou s dřevěnou kostičkou s drátky, poté se vzorky vložily na 20minut do sušárny, kde se sušily při teplotě 50 °C, opět se musely zvážit a bylo provedeno měření na dynamometru. Tento cyklus se opakoval až do okamžiku, kdy smočený vzorek měl stejnou hmotnost jako byla počáteční vysušená hmotnost vzorku.

6.5 Vyhodnocení naměřených dat

V této části práce se naměřená data vyhodnotila. Konečné výsledky se vykreslily do grafů, z jichž vyplývá i závěr celé diplomové práce.

Při vyhodnocení naměřených dat se vycházelo se vzorce pro výpočet třecí síly, který je uveden níže.

$$T = \mu N \quad (6.1)$$

N [N]...tlaková síla

T [N]...třecí síla

μ [-]...koeficient tření

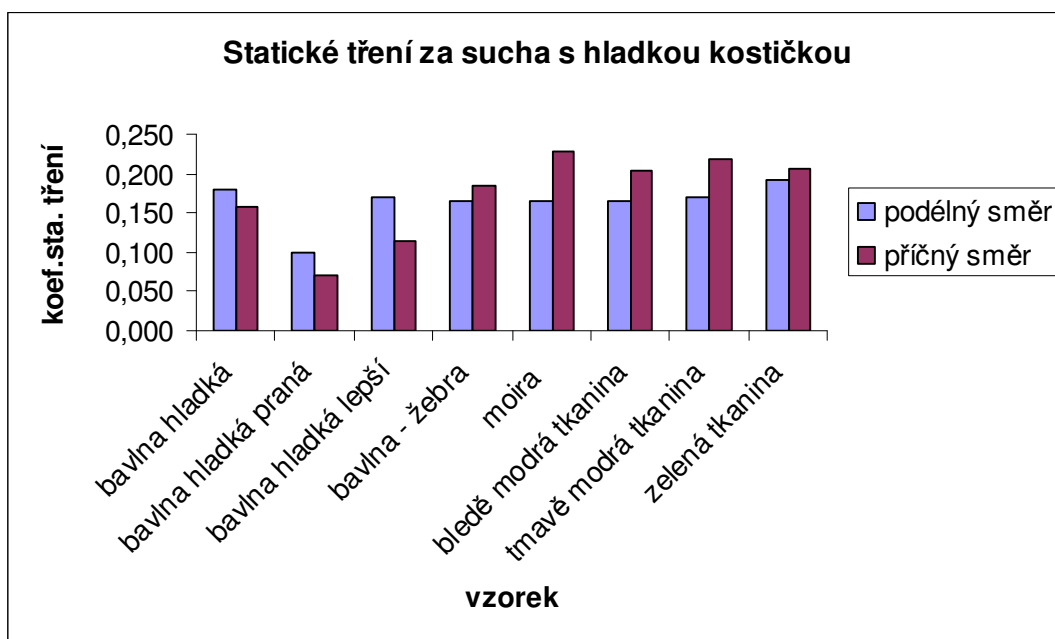
Z výše uvedeného vzorce se musel vyjádřit koeficient tření následujícím způsobem.

$$\mu = T / N \quad (6.2)$$

Rozlišoval se koeficient tření statický a dynamický. U statického koeficientu tření se do čitatele dosazovala průměrná maximální síla F_{\max} z příslušných naměřených hodnot pro hladkou kostičku a pro kostičku s drátky. U dynamického koeficientu tření se do čitatele dosazovala průměrná hodnota průměru síly F_{avg} z příslušných naměřených hodnot pro hladkou kostičku a pro kostičku s drátky. Do jmenovatele se dosadila, pro statický i dynamický koeficient tření, hmotnost kostičky $v \text{ kg} \cdot 10 \text{ N/kg}$ (gravitační zrychlení), nejprve pro hladkou ocelovou kostičku a potom pro kostičku s drátky.

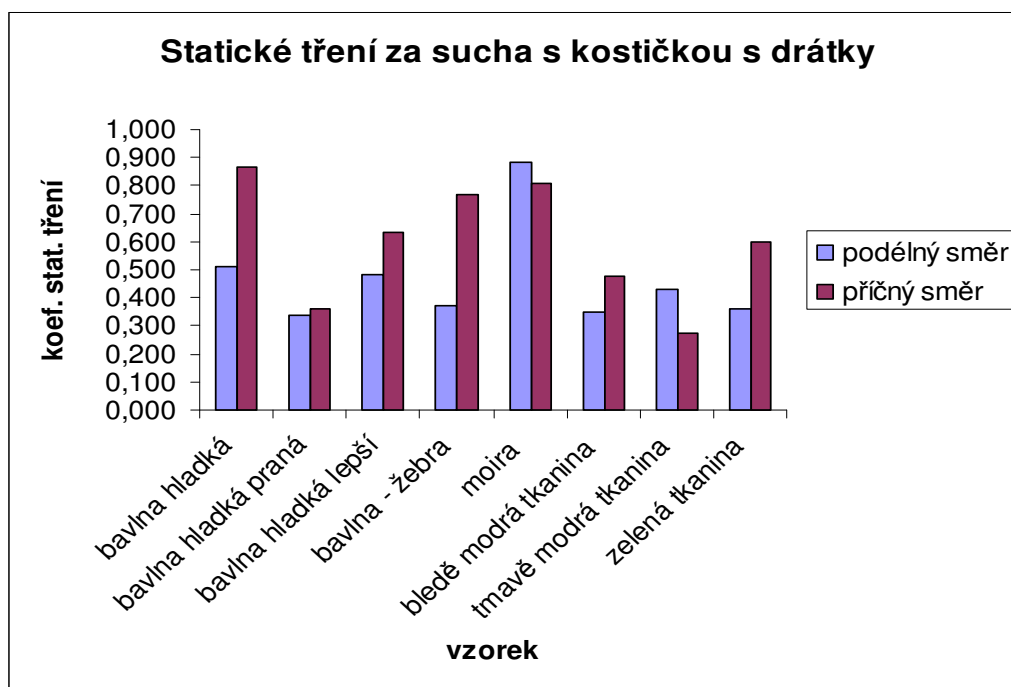
6.5.1 Vyhodnocení dat při tření za sucha

Naměřená data se vyhodnocovala pomocí programu Excel. Výstupem byly níže uvedené sloupcové diagramy, které demonstrují výsledky této části práce. Tabulky, ze kterých výsledky vyplývají jsou uvedeny v příloze č.1.



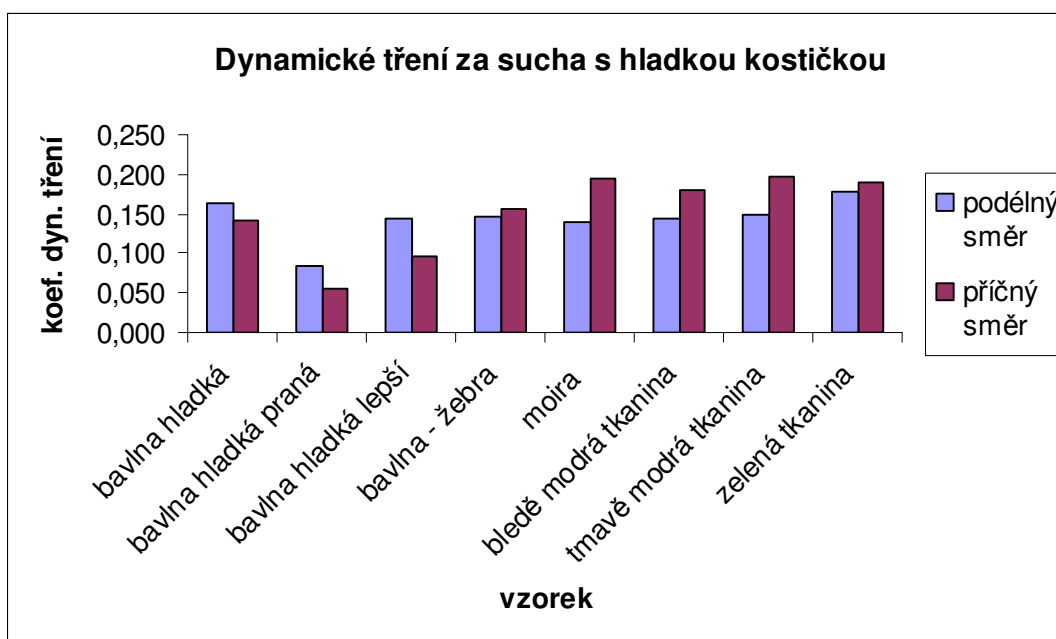
Obr. 39 Statické tření za sucha s hladkou kostičkou

V Obr. 39 jsou znázorněny výsledky měření, které se týkaly statického tření za sucha. Experiment byl proveden s hladkou ocelovou kostičkou. Nejvyšší koeficient tření je u vzorku z moiry v příčném směru a i převážná většina vzorků má vyšší koeficient tření v příčném než v podélném směru. Koeficienty tření v podélném směru jsou u všech vzorků celkem vyrovnané.



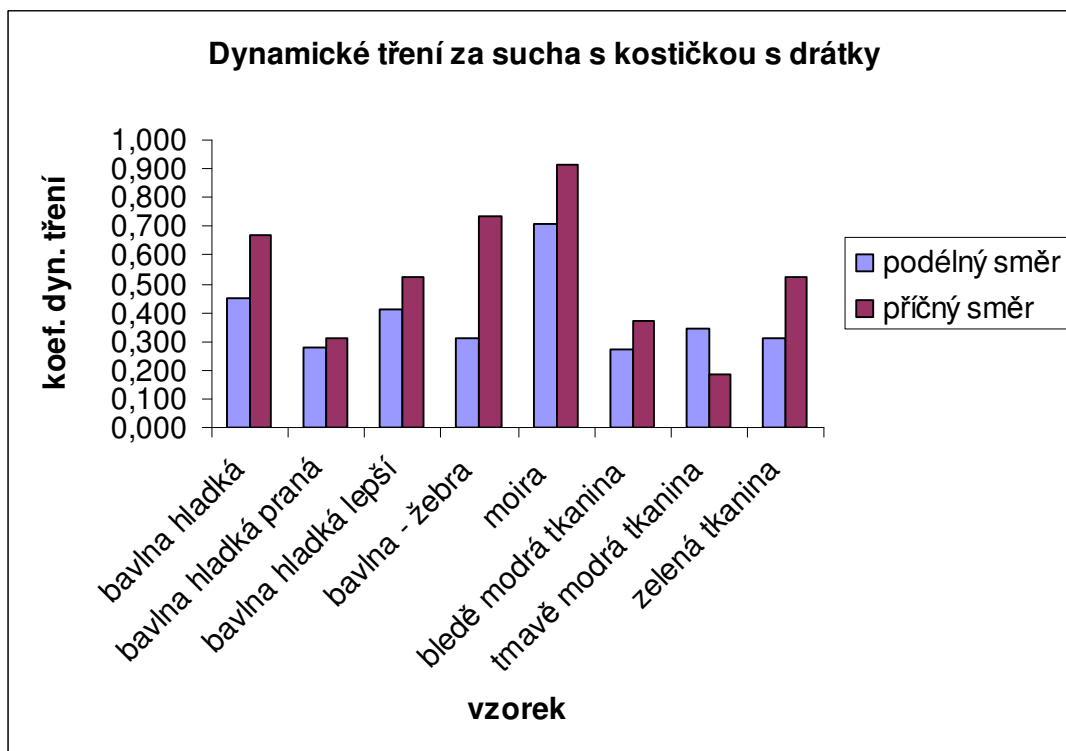
Obr. 40 Statické tření za sucha s kostičkou s drátky

Z Obr. 40 vyplývají závěry z měření, které se soustředily na statický koeficient tření za použití kostičky s drátky. Nejvyšší koeficient tření je u vzorku hladké bavlna v příčném směru. Vysoké hodnoty tření, jak v podélném tak v příčném směru, vykazuje vzorek z moiry. I z tohoto grafu vyplývá, že převážná většina vzorků má vyšší koeficient tření v příčném směru.



Obr. 41 Dynamické tření za sucha s hladkou kostičkou

Obr. 41 demonstruje výsledky měření dynamického tření za sucha, kdy experiment byl proveden s hladkou ocelovou kostičkou. Nejvyšší koeficient tření je u tmavé modré tkaniny. Převážná většina zkoumaných vzorků vykazuje vyšší hodnoty v příčném než v podélném směru. Hodnoty v podélném směru jsou u vzorků relativně stejné.



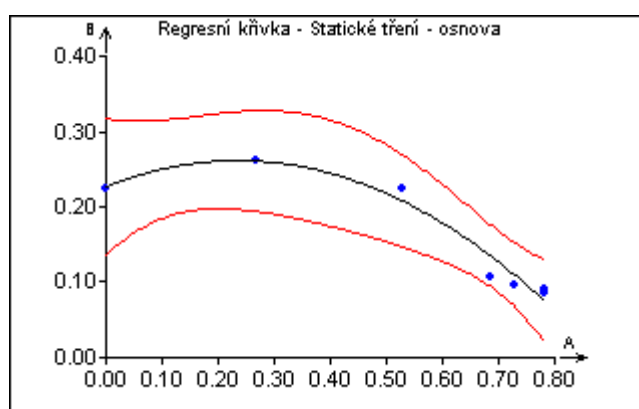
Obr. 42 Dynamické tření za sucha s kostičkou s drátky

V Obr. 42 je znázorněno dynamické tření za sucha, kdy experiment byl proveden s kostičkou s drátky. Nejvyšší hodnoty koeficientu tření jsou, jak v podélném tak v příčném, u vzorku vyrobeného z moiry. Opět skoro všechny vzorky mají vyšší koeficient tření v příčném směru.

6.5.2 Vyhodnocení dat při tření za vlhka

Naměřená data se vyhodnocovala na Katedře textilních materiálů pomocí programu QC Expert. Výstupem byly níže uvedené lineární regrese transformované pomocí polynomu 2.stupně. Tabulky, ze kterých výsledky vyplývají jsou uvedeny v příloze č.2. Níže jsou uvedeny ukázky křivek modelování závislosti tření na vlhkosti textilií společně s protokoly základních statistických parametrů z programu QC Expert. Ostatní křivky a protokoly jsou uvedeny v příloze č.3.

BAVLNA HLADKÁ – normál.kostka



A – úbytek v %, B – koef. statického tření v podélném směru

Obr. 43 Regresní křivka statického tření u hladké pleteniny v podélném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Statické tření – podélný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 7

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A²

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,227 + 0,293 \cdot x + (-0,623) \cdot x^2$$

$$y = -14,308$$

(6.3)

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Tab. 5 Základní analýza – charakteristika proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,5387285714	0,2997351315	-0,8484781258	0,01579235857
A^2	0,3672351729	0,2536011572	-0,9389807414	0,001709128656

Interval spolehlivosti

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,539 - 2,23 \cdot 0,3 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,539 + 2,23 \cdot 0,3 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,327$$

$$L_H = 0,751$$

$$L_D = 0,367 - 2,23 \cdot 0,254 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,367 + 2,23 \cdot 0,254 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,188$$

$$L_H = 0,546$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,156

Zdroj

Součet čtverců Průměrný čtverec Rozptyl

Celková variabilita

0,035896

0,005128

0,005982666667

Variabilita vysvětlená modelem

0,03425296051

0,00489328005

0,005708826725

Reziduální variabilita

0,001643039491

0,0002347199273

0,0002738399152

Hodnota kritéria F : 41,6946284

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 6,94427191

Pravděpodobnost : 0,002095095822

Závěr : Model je významný

Odhady parametrů

Tab. 6 Odhad parametrů

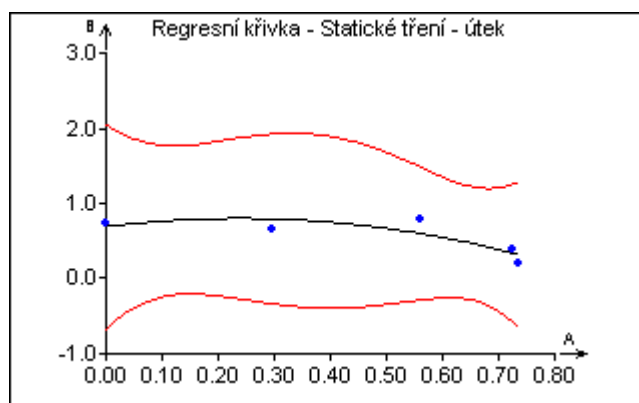
Proměnná	Odhad	Směr. odch.	Závěr	Pravděpodobnost	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,2268	0,0197	Významný	0,0003	0,1721	0,2815
A	0,2935	0,1166	Nevýznamný	0,0655	-0,0301	0,6171
A^2	-0,6234	0,1378	Významný	0,0106	-1,0059	-0,2409

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,9768458339

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomm 2. stupně, jenž je popsán v rovnici (6.3)

BAVLNA HLADKÁ – kostička s drátky



A – úbytek v %, B – koef. statického tření v příčném směru

Obr. 44 Regresní křivka statického tření u hladké pleteniny v příčném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Statické tření – příčný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 5

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A^2

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,691 + 0,922 \cdot x + (-1,938) \cdot x^2$$

$$y = -37,68$$

(6.4)

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Tab. 7 Základní analýza – charakteristika proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,4636	0,3143792694	0,7042503475	0,1842669881
A^2	0,29399242	0,2475549482	0,8028476357	0,1019195112

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,464 - 2,23 \cdot 0,314 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,464 + 2,23 \cdot 0,314 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,243$$

$$L_H = 0,685$$

$$L_D = 0,294 - 2,23 \cdot 0,248 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,294 + 2,23 \cdot 0,248 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,119$$

$$L_H = 0,469$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,5488

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,2460588	0,04921176	0,0615147
Variabilita vysvětlená modelem	0,179615769	0,0359231538	0,04490394226
Reziduální variabilita	0,06644303098	0,0132886062	0,01661075774

Hodnota kritéria F : 2,703304867

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 19

Pravděpodobnost : 0,2700290783

Závěr : Model je nevýznamný

Odhady parametrů

Tab. 8 Odhad parametrů

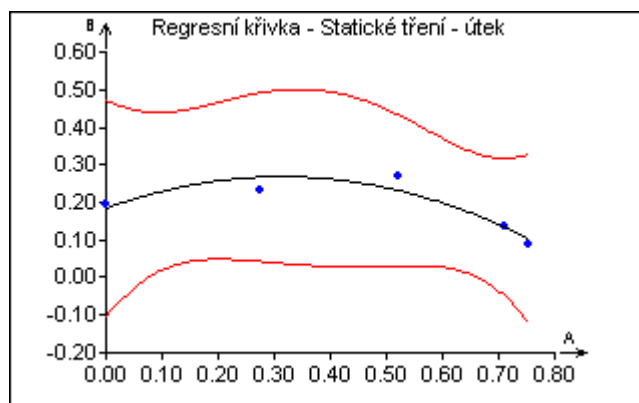
Proměnná	Odhad	Směr.odch.	Závěr	Pravděpodobnost	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,6911	0,1799	Nevýznamný	0,0616	-0,0830	1,465226122
A	0,9219	1,1591	Nevýznamný	0,5098	-4,0655	5,909321501
A^2	-1,9379	1,4720	Nevýznamný	0,3186	-8,2716	4,395747601

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,8543833576

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán v rovnici (6.4)

BAVLNA HLADKÁ PRANÁ – normál. kostka



A – úbytek v %, B – koef. statického tření v příčném směru

Obr. 45 Regresní křivka statického tření u hladké prané pleteniny v příčném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Statické tření – příčný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 5

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A²

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,184 + 0,535 \cdot x + (-0,853) \cdot x^2$$

$$y = -25,44 \quad (6.5)$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Tab. 9 Základní analýza – charakteristika proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,45268	0,3157846054	-0,5315934645	0,356542782
A ²	0,284695116	0,2520948479	-0,7085141595	0,1804242908

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,453 - 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,453 + 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,23$$

$$L_H = 0,676$$

$$L_D = 0,285 - 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,285 + 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,107$$

$$L_H = 0,463$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,184

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,02117	0,004234	0,0052925
Variabilita vysvětlená modelem	0,01816136415	0,00363227283	0,004540341037
Reziduální variabilita	0,003008635851	0,0006017271702	0,00075215896

Hodnota kritéria F : 6,036411533

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 19

Pravděpodobnost : 0,1421178956

Závěr : Model je nevýznamný

Odhady parametrů

Tab. 10 Odhad parametrů

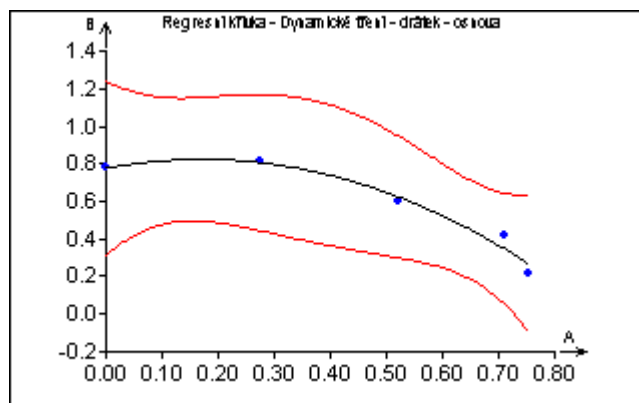
Pro m.	Odhad	Směr. odch.	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,1844	0,0381	Významný	0,0400	0,0207	0,3481
A	0,5353	0,2392	Nevýznamný	0,1546	-0,49387	1,5644
A ²	-0,8525	0,2996	Nevýznamný	0,1045	-2,14167	0,4366

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,9262192529

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán v rovnici (6.5)

BAVLNA HLADKÁ PRANÁ – kostička s drátky



A – úbytek v %, B – koef. dynamického tření v podélném směru

Obr. 46 Regresní křivka dynamického tření u hladké prané pleteniny v podélném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Dynamické tření - drátek – podélném směru

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 5

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A²

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,776 + 0,559 \cdot x + (-1,636) \cdot x^2$$

$$y = -51,07$$

(6.6)

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Tab. 11 Základní analýza – charakteristika proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,45268	0,3157846054	-0,8882963986	0,04405758207
A ²	0,284695116	0,2520948479	-0,9673239737	0,007055658389

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,453 - 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,453 + 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,23$$

$$L_H = 0,676$$

$$L_D = 0,285 - 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,285 + 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,107$$

$$L_H = 0,463$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,5636

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,2496832	0,04993664	0,0624208
Variabilita vysvětlená modelem	0,241857508	0,0483715016	0,060464377
Reziduální variabilita	0,007825691995	0,001565138399	0,001956422999

Hodnota kritéria F : 30,90557463

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) :19

Pravděpodobnost : 0,03134248518

Závěr : Model je významný

Odhady parametrů

Tab. 12 Odhad parametrů

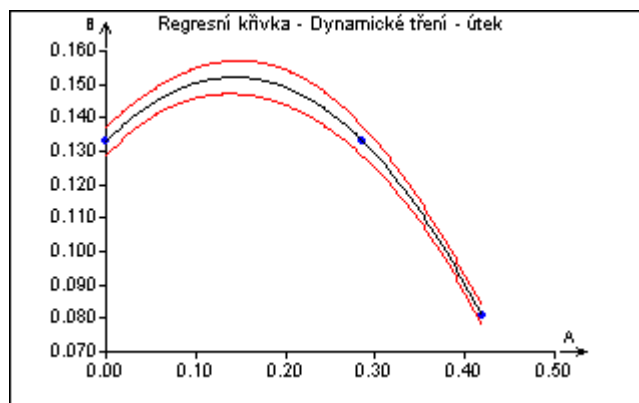
Pro m.	Odhad	Směr. odch.	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,7761	0,0614	Významný	0,0062	0,5121	1,0402
A	0,5593	0,3858	Nevýznamný	0,2842	-1,1005	2,2191
A ²	-1,6358	0,4832	Nevýznamný	0,0774	-3,7149	0,4433

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,9842040006

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán v rovnici (6.6)

ZELENÁ TKANINA – normál. kostka



A – úbytek v %, B – koef. dynamického tření útku

Obr. 47 Regresní křivka dynamického tření u tkaniny v příčném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Dynamické tření – útku

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 4

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A²

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,133 + 0,268 \cdot x + (-0,935) \cdot x^2$$

$$y = -2,84$$

(6.7)

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Tab. 13 Základní analýza – charakteristika proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,28095	0,1974777371	-0,8063349649	0,1936650351
A ²	0,108180995	0,08454323077	-0,9185676917	0,08143230828

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,281 - 2,23 \cdot 0,197 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,281 + 2,23 \cdot 0,197 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,142$$

$$L_H = 0,42$$

$$L_D = 0,108 - 2,23 \cdot 0,085 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,108 + 2,23 \cdot 0,085 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,048$$

$$L_H = 0,168$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,107

Zdroj

Součet čtverců

Průměrný čtverec

Rozptyl

Celková variabilita

0,002704

0,000676

0,000901333333

Variabilita vysvětlená modelem 0,002703966736 0,0006759916841 0,0009013222455

Reziduální variabilita

3,326356554E-008

8,315891384E-009

1,108785518E-008

Hodnota kritéria F : 40644,57151

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 199,5

Pravděpodobnost : 0,003507365746

Závěr : Model je významný

Odhady parametrů

Tab. 14 Odhad parametrů

Pro m.	Odhad	Směr. odch.	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,1330	0,0002	Významný	0,0009	0,1307	0,1353
A	0,2676	0,0024	Významný	0,0056	0,2374	0,2977
A ²	-0,9352	0,0055	Významný	0,0038	-1,0057	-0,8647

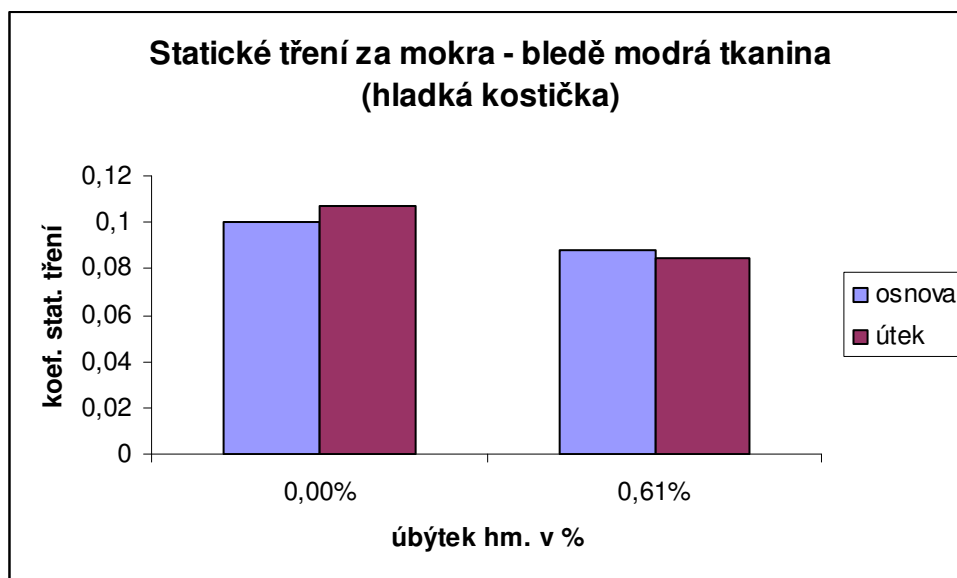
Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R :

0,9999938492

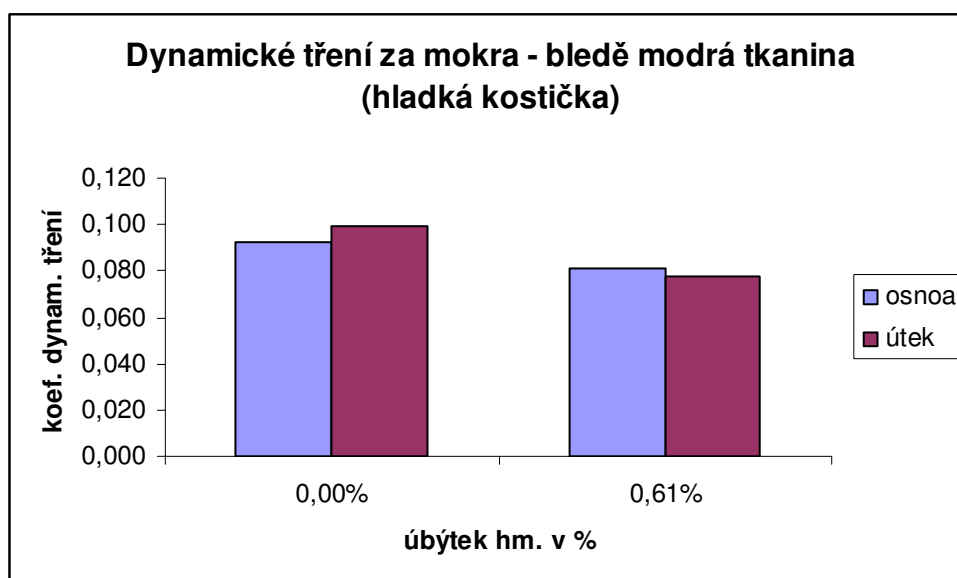
Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán v rovnici (6.7)

Ostatní vzorky nemohly být vyhodnoceny v programu QC Expert, neboť neobsahovaly dostatečné množství hodnot pro výpočet a modelování grafů, proto byly vyhodnoceny v programu Excel pomocí sloupcového diagramu.



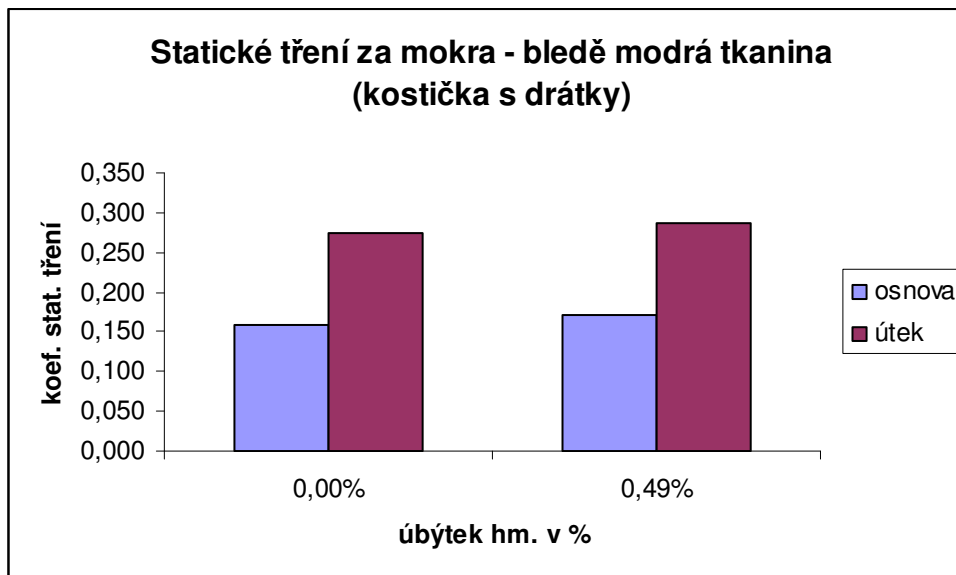
Obr. 48 Statické tření za mokra – bledě modrá tkanina (hladká kostička)

V Obr. 48 jsou výsledky statického tření za mokra u zkoumaného materiálu – bledě modrá tkanina, kdy experiment byl proveden s hladkou ocelovou kostičkou. Vyšší hodnoty koeficientu tření v osnově a v útku jsou v okamžiku, kdy byl zkoumaný vzorek 100% ně vlhký.



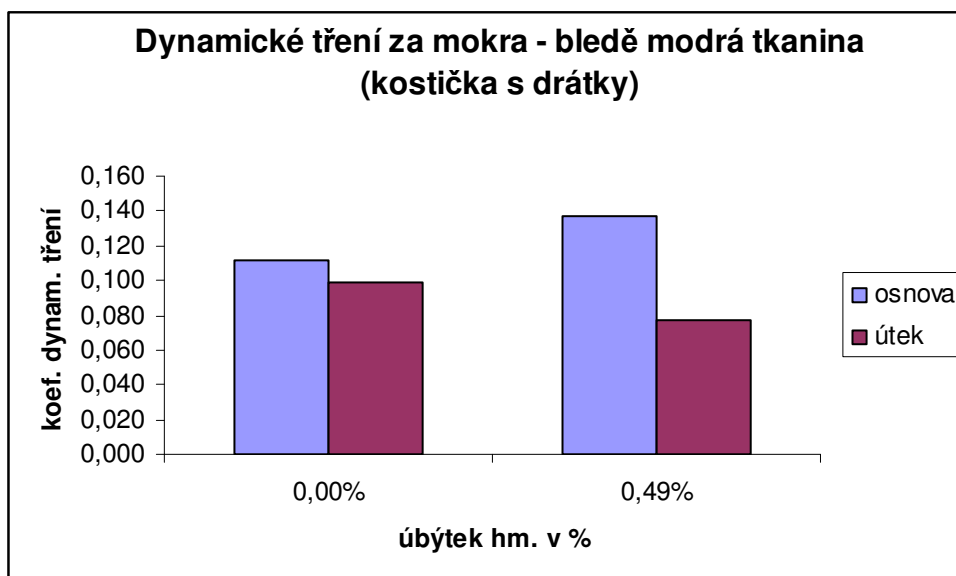
Obr. 49 Dynamické tření za mokra – bledě modrá tkanina (hladká kostička)

V Obr. 49 se sledovalo dynamické tření za mokra u stejné tkaniny jako v předchozím případě s hladkou ocelovou kostičkou. Výsledky lze okomentovat stejným způsobem jako u předchozího případu.



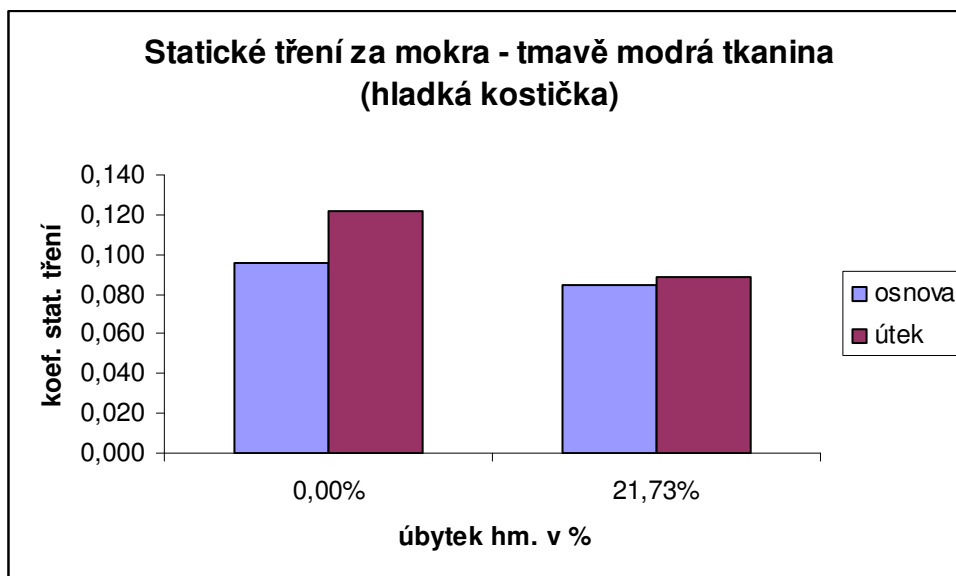
Obr. 50 Statické tření za mokra – bledě modrá tkanina (kostička s drátky)

V Obr. 50 jsou znázorněny výsledky měření, které se týkaly statického tření za mokra u zkoumaného vzorku – bledě modrá tkaniny. Experiment byl realizován s kostičkou s drátky. Graf vykazuje skoro stejné hodnoty v okamžiku, kdy byla tkanina 100%ně mokrá a 100%ně suchá.



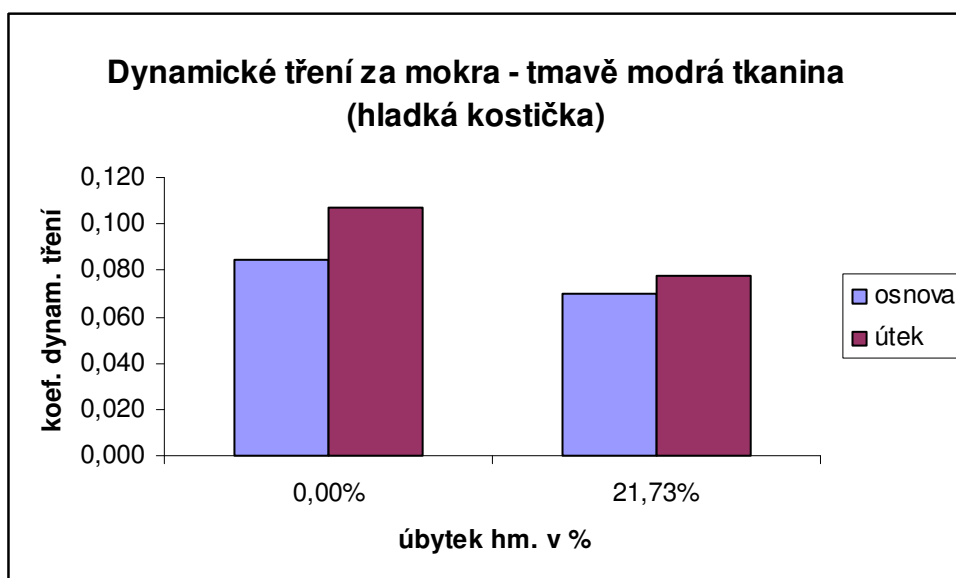
Obr. 51 Dynamické tření za mokra – bledě modrá tkanina (kostička s drátky)

Obr. 51 vykazuje výsledky pro dynamické tření za mokra u stejné tkaniny jako v předchozím případě se stejnou kostičkou. Zde je patrné, že nejvyšší koeficient tření je v osnově u vysušeného vzorku. Poměrně stejné hodnoty lze zaznamenat v osnově a útku u úplně vlhké tkaniny.



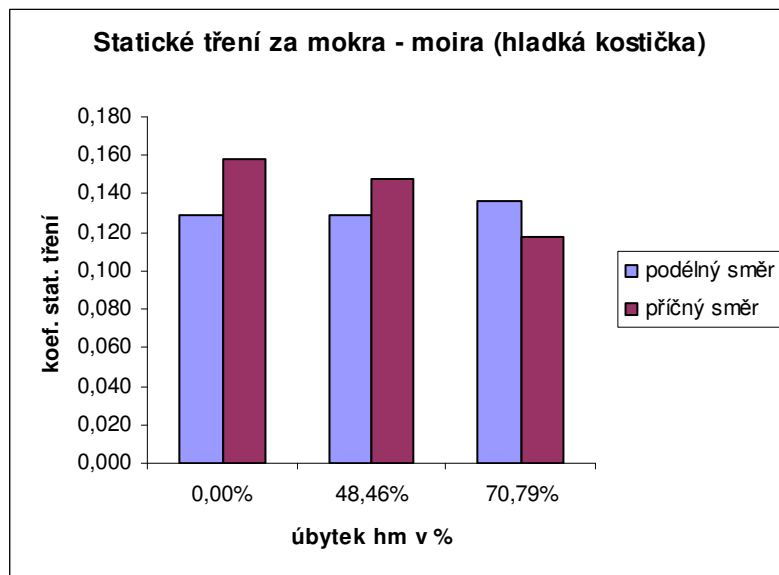
Obr. 52 Statické tření za mokra – tmavě modrá tkanina (hladká kostička)

V Obr. 52 jsou výsledky statického tření za mokra u tmavě modré tkaniny, kdy experiment byl realizován s hladkou ocelovou kostičkou. Nejvyšší koeficient tření je u úplně vlhké tkaniny v útku. Stejné tření, jak v osnově tak v útku, lze zaznamenat u vysušeného vzorku.



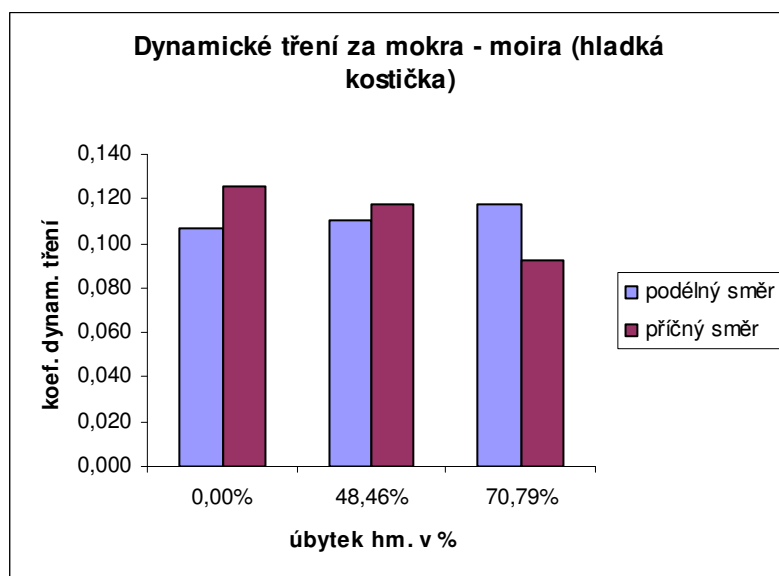
Obr. 53 Dynamické tření za mokra – tmavě modrá tkanina (hladká kostička)

V Obr. 53 je znázorněno dynamické tření za mokra u téže tkaniny jako v předchozím případě se stejnou kostičkou. V grafu jsou viditelné stejné výsledky jako v předchozím případě, proto lze použít stejný komentář.



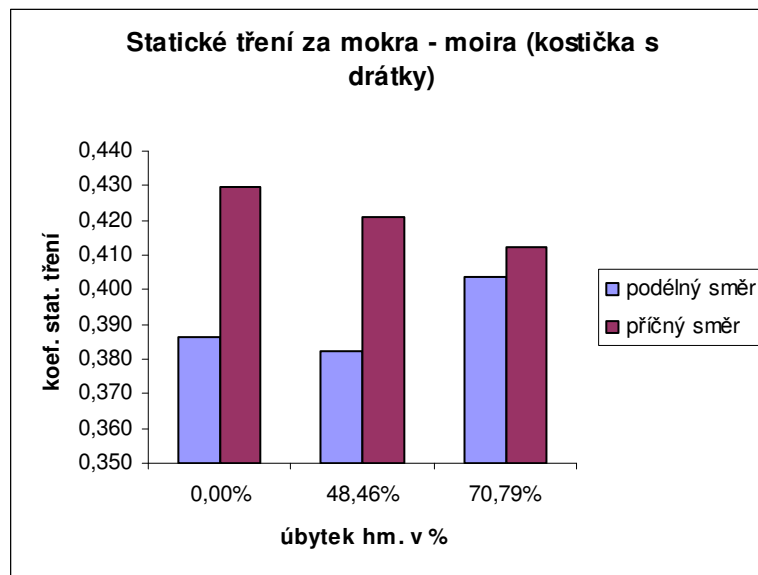
Obr. 54 Statické tření za mokra – moira (hladká kostička)

V Obr. 54 je znázorněno statické tření za mokra u zkoumaného materiálu, kterým byla polypropylénová pletenina. Experiment byl realizován s hladkou kostičkou. Nejvyšší koeficient tření je v příčném směru u 100%ně mokré tkaniny. Ve všech třech měřeních je koeficient tření v podélném směru relativně stejný.



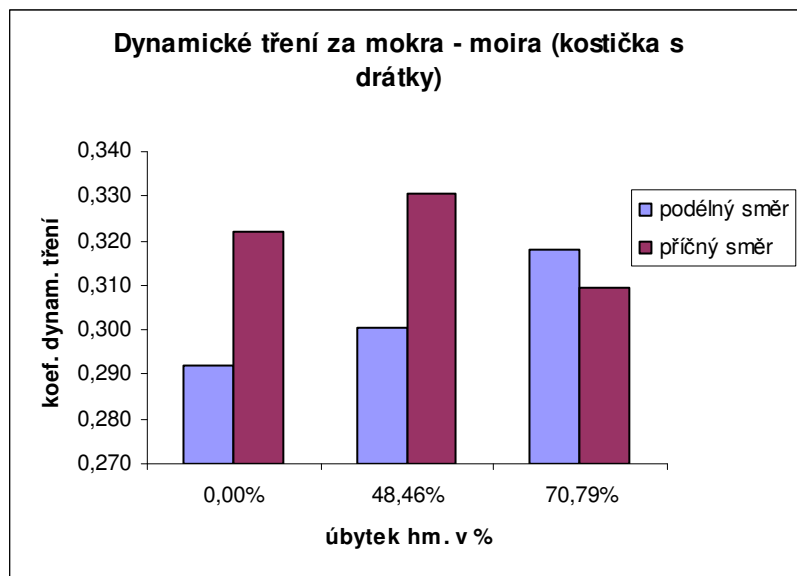
Obr. 55 Dynamické tření za mokra – moira (hladká kostička)

V Obr. 55 je dynamické tření za mokra u zkoumaného materiálu jako v předchozím případě u hladké ocelové kostičky. Lze říci, že výsledky měření vyšly shodně jako u předchozího případu.



Obr. 56 Statické tření za mokra – moira (kostička s drátky)

V Obr. 56 je znázorněno statické tření za mokra u zkoumaného materiálu, kterým byla moirová pletenina. Experiment byl proveden s kostičkou s drátky. Nejvyšší hodnota tření je vidět u 100%ně mokré pleteniny v příčném směru. Vyšší koeficienty tření byly především ve směru příčném než ve směru podélném pro všechna daná měření.



Obr. 57 Dynamické tření za mokra – moira (kostička s drátky)

Na Obr. 57 je znázorněno dynamické tření za mokra u zkoumaného materiálu, jako v předchozím případě. Experiment byl realizován s kostičkou s drátky. Výsledky vykazují, že nejvyšší tření probíhalo při druhém měření v příčném směru.

7 Diskuse a Závěr

V diplomové práci bylo studováno tření textilií o dva druhy povrchů. Cílem práce bylo provést analýzu tření textilií za sucha a za mokra a provést studii vlivu vlhkosti textilie na její frikční vlastnosti.

V teoretické části byla provedena literární rešerše na téma tření textilií se zaměřením na statické a dynamické koeficienty tření za sucha a za mokra. Literární rešerše přinesla poznatky zejména o tření za sucha při různých povrchích třecích elementů. Sporadicky se vyskytují zmínky o tření za mokra.

V praktické části byl navržen a realizován experiment ověření frikčních vlastností textilií při různých vlhkostech materiálu a při rozdílných třecích plochách, kdy jeden experiment byl proveden s hladkou ocelovou kostkou a druhý experiment simuloval tření textilie o lidské tělo, kdy byla kostka opatřena nerovným povrchem. Na základě výsledků byly modelovány závislosti tření na vlhkosti textilií za sucha a za mokra. Dalším výstupem z práce je srovnání frikčních vlastností o hladkou a „žebrovanou“ plochu.

Experimentem bylo zjištěno, že tření vlhké textie je vyšší, než textilie suché a závislost koeficientu tření na vlhkosti textilie byla modelována lineární regresí. Z regresní analýzy vyplynula závislost ve tvaru polynomu 2. stupně, a to u všech textilií.

Rozdíly koeficientů tření mezi hladkou a „žebrovanou“ plochou byly zjištěny také signifikantní odchylky, kdy koeficient tření s „žebrovanou“ plochou je vyšší, než koef. tření u plochy hladké.

Praktickým výsledkem diplomové práce je příspěvek k poznání komfortu textilie při jejím zavlhčování, jakož i příspěvek k silovému působení na vlhkou textilii během zušlechťovacích procesů.

Seznam literatury

- [1] Dostupné na: [www.ireferaty.lidovky.cz] citováno dne 20.2.2009
- [2] Mlsnová, M.: Součinitel tření manšestrových tkanin a anizotropie jejich mechanických vlastností, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2002
- [3] Dostupné na: [www.ped.muni.cz/wphy/FyzVla/FMkomplet2.htm] citováno dne 3.3.2009
- [4] Dostupné na: [<http://cs.wikipedia.org/wiki/tření>] citováno dne 25.2.2009
- [5] Militký J.: Přednášky ze speciálních vláken, Učební text, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2005

Seznam příloh

Příloha 1 – Tabulky vyhodnocení dat pro tření za sucha

Příloha 2 – Tabulky vyhodnocení dat pro tření za mokra

Příloha 3 – Modelování závislostí tření na vlhkosti textilií

Příloha 1 – Tabulky vyhodnocení dat pro tření za sucha

STATICKE TŘENÍ

vzorek	hladká kostička-osnova	hladká kostička-útek
bavlna hladká	0,181	0,158
bavlna hladká praná	0,100	0,070
bavlna hladká lepší	0,170	0,114
bavlna - žebra	0,166	0,184
moira	0,166	0,229
bledě modrá		
tkanina	0,166	0,203
tmavě modrá		
tkanina	0,170	0,217
zelená tkanina	0,192	0,206

Fmax-osnova	Fmax-útek
0,49	0,43
0,27	0,19
0,46	0,31
0,45	0,5
0,45	0,62
0,45	0,55
0,46	0,59
0,52	0,56

Hodnota jmenovatele: 2,713

vzorek	Kostička s drátky- osnova	kostička s drátky-útek
bavlna hladká	0,511	0,868
bavlna hladká praná	0,339	0,361
bavlna hladká lepší	0,481	0,636
bavlna - žebra	0,374	0,765
moira	0,885	0,808
bledě modrá		
tkanina	0,348	0,477
tmavě modrá		
tkanina	0,430	0,275
zelená tkanina	0,361	0,601

Fmax-osnova	Fmax-útek
1,19	2,02
0,79	0,84
1,12	1,48
0,87	1,78
2,06	1,88
0,81	1,11
1	0,64
0,84	1,4

Hodnota jmenovatele: 2,328

DYNAMICKÉ TŘENÍ

vzorek	hladká kostička-osnova	hladká kostička-útek
bavlna hladká	0,164	0,142
bavlna hladká praná	0,085	0,055
bavlna hladká lepší	0,144	0,096
bavlna - žebra	0,147	0,157
moira	0,140	0,195
bledě modrá		
tkanina	0,144	0,181
tmavě modrá		
tkanina	0,149	0,197
zelená tkanina	0,177	0,190

Favg-osnova	Favg-útek
0,445	0,385
0,23	0,15
0,39	0,26
0,4	0,425
0,38	0,53
0,39	0,49
0,405	0,535
0,48	0,515

Hodnota jmenovatele: 2,713

vzorek	kostička s drátky-osnova	kostička s drátky-útek
bavlna hladká	0,453	0,668
bavlna hladká praná	0,279	0,309
bavlna hladká lepší	0,412	0,524
bavlna - žebra	0,314	0,732
moira	0,707	0,915
bledě modrá		
tkanina	0,273	0,374
tmavě modrá		
tkanina	0,344	0,183
zelená tkanina	0,311	0,524

Favg-osnova	Favg-útek
1,055	1,555
0,65	0,72
0,96	1,22
0,73	1,705
1,645	2,13
0,635	0,87
0,8	0,425
0,725	1,22

Hodnota jmenovatele: 2,328

Příloha 2 – Tabulky vyhodnocení dat pro tření za mokra

ba hladká - normál. kostka

měření	průměrná hmotnost vzorku	úbytek průměrné hmotnosti vzorku mezi měřeními	úbytek celkový	úbytek v %	tření statické - osnova	tření statické - útek	tření dynamické - osnova	tření dynamické - útek
1	9,413	0	0	0,00%	0,225	0,225	0,203	0,203
2	6,893	2,52	2,52	26,77%	0,262	0,229	0,229	0,203
3	4,451	2,442	4,962	52,71%	0,225	0,232	0,195	0,206
4	2,967	1,484	6,446	68,48%	0,107	0,100	0,092	0,085
5	2,556	0,411	6,857	72,85%	0,096	0,088	0,081	0,074
6	2,062	0,494	7,351	78,09%	0,092	0,096	0,077	0,081
7	2,051	0,011	7,362	78,21%	0,085	0,081	0,070	0,063
8	2,031	0,02	7,382	78,42%				

měření	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	5. vzorek	6. vzorek	7. vzorek	8. vzorek	9. vzorek	10. vzorek	průměr
1	9,15	8,207	9,269	8,986	8,748	10,831	10,476	9,723	9,072	9,666	9,4128
2	7,183	6,789	6,934	6,92	6,403	6,511	7,237	6,985	7,091	6,878	6,8931
3	5,002	4,338	3,524	4,473	3,828	4,123	5,116	4,109	5,087	4,909	4,4509
4	3,122	2,873	2,988	3,782	2,848	2,656	2,846	2,647	2,962	2,95	2,9674
5	2,528	2,79	2,75	2,704	2,566	2,763	2,163	2,272	2,248	2,778	2,5562
6	2,195	1,931	1,968	2,192	2,156	2,049	1,963	2,164	2,005	1,996	2,0619
7	1,957	2,183	2,144	2,103	1,933	1,984	1,967	2,165	2,008	2,067	2,0511
8	1,932	1,966	2,109	2,155	2,201	1,941	1,953	2,021	2,154	1,874	2,0306

Fmax-osnova	Favg-osnova	Fmax-útek	Favg-útek
0,61	0,55	0,61	0,55
0,71	0,62	0,62	0,55
0,61	0,53	0,63	0,56
0,29	0,25	0,27	0,23
0,26	0,22	0,24	0,2
0,25	0,21	0,26	0,22
0,23	0,19	0,22	0,17

Hodnota jmenovatele: 2,713

ba hladká - drátek

měření	průměrná hmotnost vzorku	úbytek průměrné hmotnosti vzorku mezi měřeními	úbytek celkový	úbytek v %	tření statické - osnova	tření statické - útek	tření dynamické - osnova	tření dynamické - útek
1	10,125	0	0	0,00%	0,683	0,730	0,580	0,567
2	7,127	2,998	2,998	29,61%	0,640	0,657	0,550	0,580
2	4,456	2,671	5,669	55,99%	0,717	0,777	0,619	0,692
4	2,786	1,67	7,339	72,48%	0,777	0,378	0,692	0,326
5	2,661	0,125	7,464	73,72%	0,266	0,202	0,215	0,176

měření	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	5. vzorek	6. vzorek	7. vzorek	8. vzorek	9. vzorek	10. vzorek	průměr
1	9,182	9,32	9,571	10,112	10,657	9,978	10,664	11,26	10,318	10,187	10,1249
2	6,907	6,537	6,842	6,709	6,478	7,465	7,575	7,997	7,464	7,295	7,1269
3	4,276	3,841	4,064	4,149	4,367	4,756	4,781	4,792	4,972	4,564	4,4562
4	2,607	2,575	2,796	2,855	2,753	2,996	2,81	2,81	2,867	2,795	2,7864
5	2,570	2,799	2,714	2,761	2,543	2,668	2,593	2,573	2,61	2,779	2,661

Fmax-osnova	Favg-osnova	Fmax-útek	Favg-útek
1,59	1,35	1,7	1,32
1,49	1,28	1,53	1,35
1,67	1,44	1,81	1,61
1,81	1,61	0,88	0,76
0,62	0,5	0,47	0,41

Hodnota jmenovatele: 2,328

**ba hladká praná - normál.
kostka+drátek**

měření	průměrná hmotnost vzorku	úbytek průměrné hmotnosti vzorku mezi měřeními	úbytek celkový	úbytek v %	tření statické - osnova	tření statické - útek	tření dynamické - osnova	tření dynamické - útek
1	12,82	0	0	0,00%	0,206	0,195	0,184	0,166
2	9,291	3,529	3,529	27,53%	0,240	0,232	0,214	0,195
3	6,112	3,179	6,708	52,32%	0,288	0,269	0,258	0,243
4	3,714	2,398	9,106	71,03%	0,103	0,136	0,088	0,111
5	3,146	0,568	9,674	75,46%	0,085	0,088	0,074	0,077
6	3,13	0,016	9,69	75,59%				
					tření statické - drátek - osnova	tření statické - drátek - útek	tření dynamické - drátek - osnova	tření dynamické - drátek - útek
					0,949	0,876	0,777	0,756
					0,911	0,773	0,808	0,679
					0,709	0,808	0,601	0,696
					0,533	0,442	0,417	0,382
					0,275	0,318	0,215	0,275

měření	1.vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	5. vzorek	6. vzorek	7. vzorek	8. vzorek	9. vzorek	10.vzorek	průměr
1	11,722	11,762	11,358	12,478	11,558	13,531	14,519	13,263	14,147	13,861	12,8199
2	8,164	8,152	8,011	8,192	8,326	10,25	10,703	10,463	10,401	10,251	9,2913
3	5,014	5,196	5,152	5,101	5,255	6,843	7,107	7,357	7,026	7,069	6,112
4	3,218	3,138	3,206	3,242	3,232	4,248	4,191	4,41	4,329	3,923	3,7137
5	3,037	3,123	3,134	3,152	3,129	3,107	3,245	3,224	3,077	3,233	3,1461
6	3,035	3,143	3,125	3,117	3,122	3,196	3,221	3,086	3,051	3,204	3,13

Fmax-osnova	Favg-osnova	Fmax-útek	Favg-útek	Fmax-osnova	Favg-osnova	Fmax-útek	Favg-útek
0,56	0,5	0,53	0,45	2,21	1,81	2,04	1,76
0,65	0,58	0,63	0,53	2,12	1,88	1,8	1,58
0,78	0,7	0,73	0,66	1,65	1,4	1,88	1,62
0,28	0,24	0,37	0,3	1,24	0,97	1,03	0,89
0,23	0,2	0,24	0,21	0,64	0,5	0,74	0,64

Hodnota jmenovatele: 2,713

Hodnota jmenovatele: 2,328

**bledě modrá -
normál.kostka**

měření	průměrná hmotnost vzorku	úbytek průměrné hmotnosti vzorku mezi měřeními	úbytek celkový	úbytek v %	tření statické - osnova	tření statické - útek	tření dynamické - osnova	tření dynamické - útek
1	2,454	0	0	0,00%	0,100	0,107	0,092	0,100
2	2,439	0,015	0,015	0,61%	0,088	0,085	0,081	0,077

měření	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	5. vzorek	6. vzorek	7. vzorek	8. vzorek	9. vzorek	10. vzorek	průměr
1	2,442	2,414	2,481	2,417	2,441	2,462	2,471	2,456	2,48	2,474	2,4538
2	2,472	2,416	2,412	2,437	2,439	2,446	2,429	2,425	2,454	2,457	2,4387

Fmax-osnova	Favg-osnova	Fmax-útek	Favg-útek
0,27	0,25	0,29	0,27
0,24	0,22	0,23	0,21

Hodnota jmenovatele: 2,713

**bledě modrá -
drátek**

měření	průměrná hmotnost vzorku	úbytek průměrné hmotnosti vzorku mezi měřeními	úbytek celkový	úbytek v %	tření statické - osnova	tření statické - útek	tření dynamické - osnova	tření dynamické - útek
1	2,447	0	0	0,00%	0,159	0,275	0,112	0,206
2	2,435	0,012	0,012	0,49%	0,172	0,288	0,137	0,189

měření	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	5. vzorek	6. vzorek	7. vzorek	8. vzorek	9. vzorek	10. vzorek	průměr
1	2,433	2,426	2,46	2,454	2,465	2,466	2,422	2,449	2,475	2,423	2,4473
2	2,414	2,426	2,455	2,441	2,454	2,409	2,47	2,41	2,437	2,437	2,4353

Fmax-osnova	Favg-osnova	Fmax-útek	Favg-útek
0,37	0,26	0,64	0,48
0,4	0,32	0,67	0,44

Hodnota jmenovatele: 2,328

**tm. modrá -
normál.kostka**

měření	průměrná hmotnost vzorku	úbytek průměrné hmotnosti vzorku mezi měřeními	úbytek celkový	úbytek v %	tření statické - osnova	tření statické - útek	tření dynamické - osnova	tření dynamické - útek
1	2,715	0	0	0,00%	0,096	0,122	0,085	0,107
2	2,125	0,59	0,59	21,73%	0,085	0,088	0,070	0,077
3	2,123	0,002	0,592	21,80%				

měření	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	5. vzorek	6. vzorek	7. vzorek	8. vzorek	9. vzorek	10. vzorek	průměr
1	2,695	2,855	2,776	2,851	2,824	2,553	2,62	2,63	2,663	2,679	2,7146
2	2,146	2,112	2,135	2,142	2,107	2,137	2,082	2,107	2,141	2,136	2,1245
3	2,14	2,13	2,145	2,115	2,113	2,102	2,131	2,079	2,135	2,135	2,1225

Hodnota jmenovatele: 2,713

Fmax-osnova	Favg-osnova	Fmax-útek	Favg-útek
0,26	0,23	0,33	0,29
0,23	0,19	0,24	0,21

**zelená -
normál.
kostka**

průměrná hmotnost vzorku	úbytek průměrné hmotnosti vzorku mezi měřeními	úbytek celkový	úbytek v %	tření statické - osnova	tření statické - útek	tření dynamické - osnova	tření dynamické - útek
6,875	0	0	0,00%	0,125	0,147	0,111	0,133
4,908	1,967	1,967	28,61%	0,088	0,147	0,074	0,133
3,997	0,911	2,878	41,86%	0,088	0,096	0,066	0,081
3,994	0,003	2,881	41,91%	0,088	0,100	0,070	0,081

měření	1.vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	5. vzorek	6. vzorek	7. vzorek	8. vzorek	9. vzorek	10.vzorek	průměr
1	6,35	6,464	6,475	6,572	6,426	7,55	7,282	7,184	7,282	7,16	6,8745
2	4,061	4,821	5,264	5,439	4,084	4,117	4,494	5,473	5,875	5,45	4,9078
3	4,005	4,022	3,956	4,008	3,993	4,043	4,001	3,934	4,016	3,993	3,9971
4	4	4,021	3,991	3,956	4,006	3,988	4,008	4,043	3,999	3,931	3,9943

Fmax-osnova	Favg-osnova	Fmax-útek	Favg-útek
0,34	0,3	0,4	0,36
0,24	0,2	0,4	0,36
0,24	0,18	0,26	0,22
0,24	0,19	0,27	0,22

Hodnota jmenovatele: 2,713

moira - normál. kostka+drátek

měření	průměrná hmotnost vzorku	úbytek průměrné hmotnosti vzorku mezi měřeními	úbytek celkový	úbytek v %	tření statické - osnova	tření statické - útek	tření dynamické - osnova	tření dynamické - útek
1	383,98	0	0	0,00%	0,129	0,158	0,107	0,125
2	197,89	186,09	186,09	48,46%	0,129	0,147	0,111	0,118
3	112,174	85,716	271,806	70,79%	0,136	0,118	0,118	0,092
4	107,664	4,51	276,316	71,96%				
					tření statické - drátek - osnova	tření statické - drátek - útek	tření dynamické - drátek - osnova	tření dynamické - drátek - útek
					0,387	0,430	0,292	0,322
					0,382	0,421	0,301	0,331
					0,404	0,412	0,318	0,309

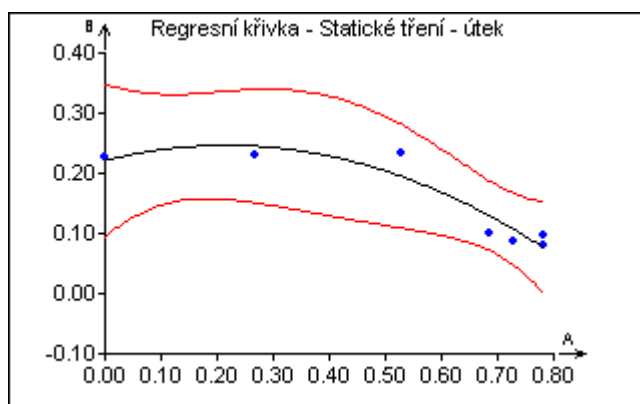
Fmax-osnova	Favg-osnova	Fmax-útek	Favg-útek	Fmax-osnova	Favg-osnova	Fmax-útek	Favg-útek
0,35	0,29	0,43	0,34	0,9	0,68	1	0,75
0,35	0,3	0,4	0,32	0,89	0,7	0,98	0,77
0,37	0,32	0,32	0,25	0,94	0,74	0,96	0,72

Hodnota jmenovatele: 2,713

Hodnota jmenovatele: 2,328

Příloha 3 – Modelování závislostí tření na vlhkosti textilií

BAVLNA HLADKÁ – normál. kostka



A – úbytek v %

B – koef. statického tření v příčném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Statické tření – příčném směru

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 7

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A²

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,221 + 0,233 \cdot x + (-0,535) \cdot x^2$$

$$y = -12,36$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,5387285714	0,2997351315	-0,8425442669	0,01732597489
A ²	0,3672351729	0,2536011572	-0,9218426857	0,003143745038

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,539 - 2,23 \cdot 0,3 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,539 + 2,23 \cdot 0,3 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,327$$

$$L_H = 0,751$$

$$L_D = 0,367 - 2,23 \cdot 0,254 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,367 + 2,23 \cdot 0,254 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,188$$

$$L_H = 0,546$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,1501428571

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,03261085714	0,004658693878	0,005435142857
Variabilita vysvětlená modelem	0,02935008608	0,004192869421	0,0048916809
Reziduální variabilita	0,003260771065	0,0004658244379	0,0005434618442

Hodnota kritéria F : 18,0019299

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 6,94427191

Pravděpodobnost : 0,009998070375

Závěr : Model je významný

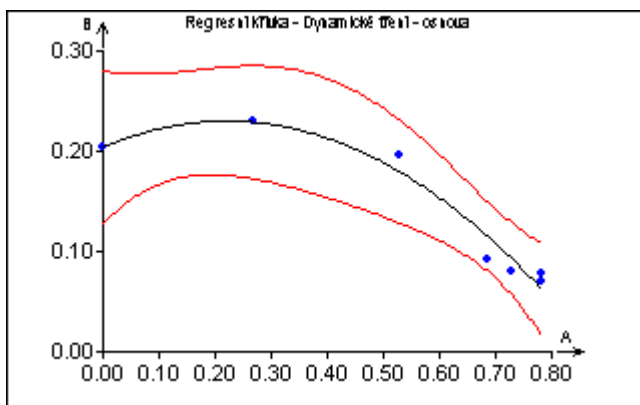
Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.odch.	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,2213	0,0278	Významný	0,0013	0,1442	0,2984
A	0,2327	0,1642	Nevýznamný	0,2294	-0,2232	0,6886
A^2	-0,5352	0,1941	Nevýznamný	0,0510	-1,0740	0,0036

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,9486883833

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.



A – úbytek v %

B – koef. dynamického tření v podélném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Dynamické tření – podélný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 7

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A^2

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,204 + 0,235 \cdot x + (-0,532) \cdot x^2$$

$$y = -12,28$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,5387285714	0,2997351315	-0,8672484394	0,0114669226
A^2	0,3672351729	0,2536011572	-0,9506509532	0,001011746233

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,539 - 2,23 \cdot 0,3 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,539 + 2,23 \cdot 0,3 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,327$$

$$L_H = 0,751$$

$$L_D = 0,367 - 2,23 \cdot 0,254 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,367 + 2,23 \cdot 0,254 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,188$$

$$L_H = 0,546$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,1352857143

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,02941342857	0,004201918367	0,004902238095
Variabilita vysvětlená modelem	0,02824750206	0,004035357419	0,004707916989
Reziduální variabilita	0,001165926513	0,0001665609304	0,0001943210854

Hodnota kritéria F : 48,45502998

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) :6,94427191

Pravděpodobnost : 0,001571270852

Závěr : Model je významný

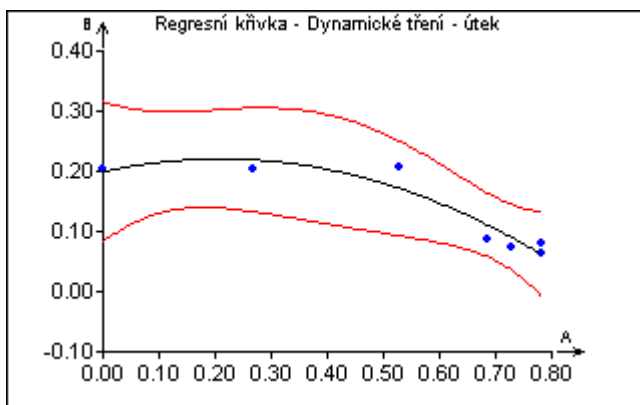
Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.odch	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,2042	0,0166	Významný	0,0003	0,1581	0,2503
A	0,2347	0,0982	Nevýznamný	0,0751	-0,0379	0,5073
A ²	-0,5320	0,1160	Významný	0,0102	-0,8542	0,2098

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,9799799697

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.



A – úbytek v %

B – koef. dynamického tření v příčném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Dynamické tření – příčný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 7

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A^2

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,199 + 0,206 \cdot x + (-0,488) \cdot x^2$$

$$y = -11,31$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,5387285714	0,2997351315	-0,8503890121	0,01531566953
A^2	0,3672351729	0,2536011572	-0,9269301669	0,002664302242

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,539 - 2,23 \cdot 0,3 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,539 + 2,23 \cdot 0,3 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,327$$

$$L_H = 0,751$$

$$L_D = 0,367 - 2,23 \cdot 0,254 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,367 + 2,23 \cdot 0,254 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,188$$

$$L_H = 0,546$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,1307142857

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,02848142857	0,00406877551	0,004746904762
Variabilita vysvětlená modelem	0,02574931179	0,003678473098	0,004291551947
Reziduální variabilita	0,002732116779	0,000390302397	0,0004553527965

Hodnota kritéria F : 18,84934933

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) :6,94427191

Pravděpodobnost : 0,009201846394

Závěr : Model je významný

Odhady parametrů

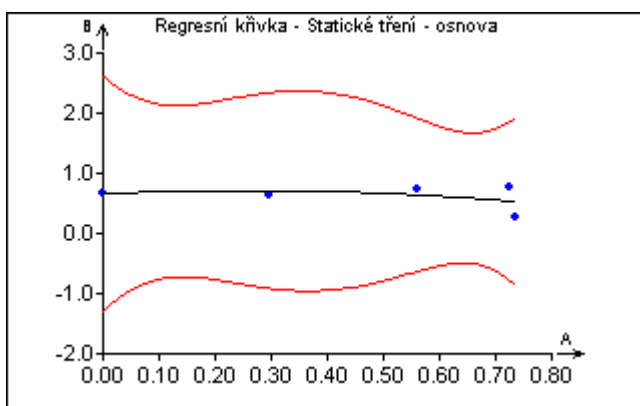
Proměnná	Odhad	Směr.odch	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,1991	0,0254	Významný	0,0014	0,1286	0,2697
A	0,2056	0,1503	Nevýznamný	0,2431	-0,2117	0,6229
A^2	-0,4879	0,1776	Nevýznamný	0,0516	-0,9811	0,0053

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,9508279261

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.

BAVLNA HLADKÁ – kostička s drátky



A – úbytek v %

B – koef. statického tření v podélném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Statické tření – podélný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 5

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A^2

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,661 + 0,420 \cdot x + (-0,813) \cdot x^2$$

$$y = -15,28$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,4636	0,3143792694	0,3107975208	0,6107467205
A^2	0,29399242	0,2475549482	0,3631784177	0,5479633971

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,464 - 2,23 \cdot 0,314 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,464 + 2,23 \cdot 0,314 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,243$$

$$L_H = 0,685$$

$$L_D = 0,294 - 2,23 \cdot 0,248 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,294 + 2,23 \cdot 0,248 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,119$$

$$L_H = 0,469$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,6166

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,1636852	0,03273704	0,0409213
Variabilita vysvětlená modelem	0,02595515796	0,005191031592	0,00648878949
Reziduální variabilita	0,137730042	0,02754600841	0,03443251051

Hodnota kritéria F : 0,1884495029

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 19

Pravděpodobnost : 0,8414324694

Závěr : Model je nevýznamný

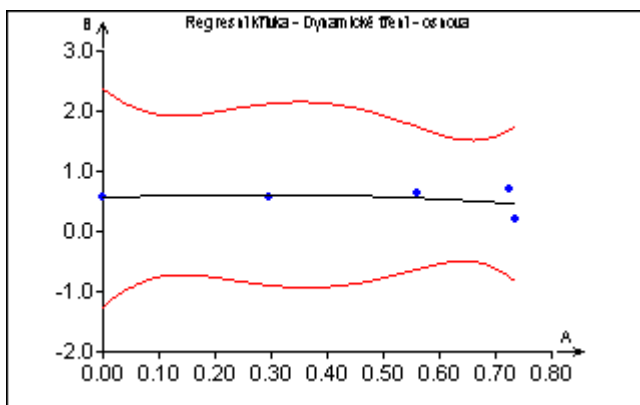
Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.odch	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,6609	0,2590	Nevýznamný	0,1254	-0,4536	1,7754
A	0,4202	1,6689	Nevýznamný	0,8247	-6,7605	7,6008
A^2	-0,8134	2,1194	Nevýznamný	0,7381	-9,9324	8,3056

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,3982053875

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.



A – úbytek v %

B – koef. dynamického tření v podélném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Dynamické tření – podélný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 5

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A^2

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,561 + 0,393 \cdot x + (-0,721) \cdot x^2$$

$$y = -13,48$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,4636	0,3143792694	-0,2663710976	0,6649002915
A^2	0,29399242	0,2475549482	-0,318403147	0,6015546654

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,464 - 2,23 \cdot 0,314 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,464 + 2,23 \cdot 0,314 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,243$$

$$L_H = 0,685$$

$$L_D = 0,294 - 2,23 \cdot 0,248 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,294 + 2,23 \cdot 0,248 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,119$$

$$L_H = 0,469$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,5312

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,1362828	0,02725656	0,0340707
Variabilita vysvětlená modelem	0,01764460797	0,003528921593	0,004411151992
Reziduální variabilita	0,118638192	0,02372763841	0,02965954801

Hodnota kritéria F : 0,1487262041

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 19

Pravděpodobnost : 0,8705294581

Závěr : Model je nevýznamný

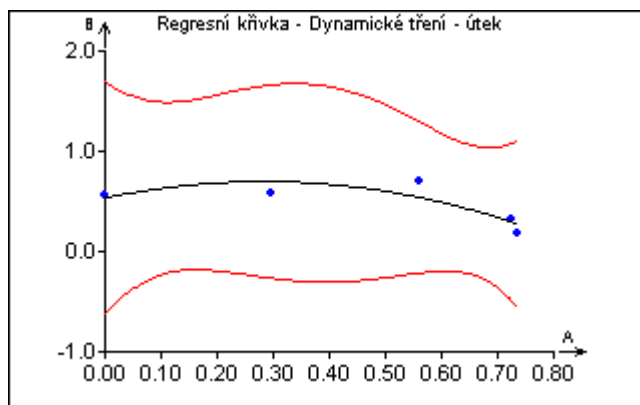
Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.odch	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,5608	0,2404	Nevýznamný	0,1449	-0,4736	1,5952
A	0,3935	1,5489	Nevýznamný	0,8232	-6,2709	7,0579
A^2	-0,7212	1,9670	Nevýznamný	0,7490	-9,1846	7,7422

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,3598201522

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.



A – úbytek v %

B – koef. dynamického tření v příčném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Dynamické tření – příčný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 5

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A^2

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,534 + 1,162 \cdot x + (-2,055) \cdot x^2$$

$$y = -39,29$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,4636	0,3143792694	-0,6034896622	0,2812082713
A^2	0,29399242	0,2475549482	-0,7351538855	0,1569532951

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,464 - 2,23 \cdot 0,314 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,464 + 2,23 \cdot 0,314 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,243$$

$$L_H = 0,685$$

$$L_D = 0,294 - 2,23 \cdot 0,248 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,294 + 2,23 \cdot 0,248 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,119$$

$$L_H = 0,469$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,4682

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,1779488	0,03558976	0,0444872
Variabilita vysvětlená modelem	0,1295465797	0,02590931594	0,03238664492
Reziduální variabilita	0,04840222032	0,009680444064	0,01210055508

Hodnota kritéria F : 2,676459444

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) :19

Pravděpodobnost : 0,2720008245

Závěr : Model je nevýznamný

Odhady parametrů

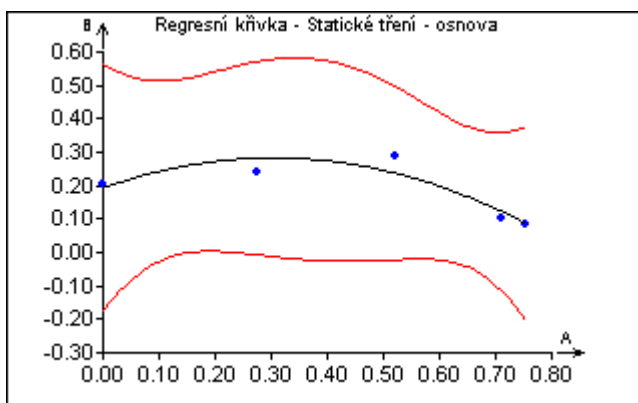
Proměnná	Odhad	Směr.odch	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,5337	0,1536	Nevýznamný	0,0737	-0,1270	1,1944
A	1,1618	0,9893	Nevýznamný	0,3612	-3,0950	5,4186
A^2	-2,0549	1,2564	Nevýznamný	0,2436	-7,4607	3,3510

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,8532286771

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.

BAVLNA HLADKÁ PRANÁ – normál. kostka



A – úbytek v %

B – koef. statického tření v podélném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Statické tření – podélný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 5

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A²

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,194 + 0,589 \cdot x + (-0,969) \cdot x^2$$

$$y = -29,02$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,45268	0,3157846054	-0,5712591902	0,3144168826
A ²	0,284695116	0,2520948479	-0,7357030583	0,1564794961

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,453 - 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,453 + 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,23$$

$$L_H = 0,676$$

$$L_D = 0,285 - 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,285 + 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,107$$

$$L_H = 0,463$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,1844

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,0307972	0,00615944	0,0076993
Variabilita vysvětlená modelem	0,02579734894	0,005159469788	0,00644933723
Reziduální variabilita	0,004999851062	0,0009999702124	0,00124996276

Hodnota kritéria F : 5,15962348

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 19

Pravděpodobnost : 0,1623475856

Závěr : Model je nevýznamný

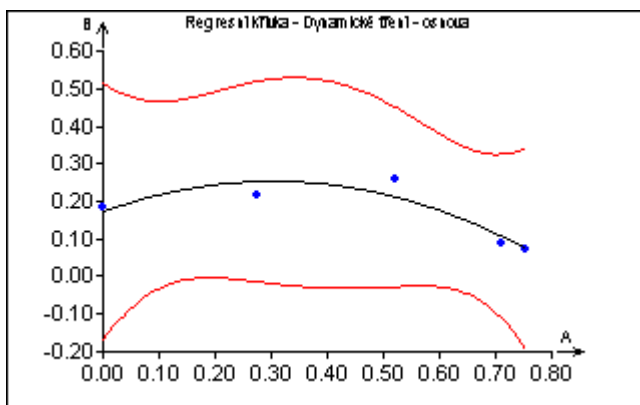
Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.odch	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,1937	0,0491	Nevýznamný	0,0586	-0,0174	0,4047
A	0,5892	0,3083	Nevýznamný	0,1962	-0,7375	1,9159
A^2	-0,9694	0,3862	Nevýznamný	0,1288	-2,6312	0,6925

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,91523353

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.



A – úbytek v %

B – koef. dynamického tření v podélném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Dynamické tření – podélný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 5

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A^2

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,227 + 0,293 \cdot x + (-0,623) \cdot x^2$$

$$y = -19,05$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,45268	0,3157846054	-0,5742932217	0,3112502987
A^2	0,284695116	0,2520948479	-0,737428129	0,1549939074

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,453 - 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,453 + 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,23$$

$$L_H = 0,676$$

$$L_D = 0,285 - 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,285 + 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,107$$

$$L_H = 0,463$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,1636

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,0256112	0,00512224	0,0064028
Variabilita vysvětlená modelem	0,02137064335	0,00427412867	0,005342660837
Reziduální variabilita	0,004240556651	0,0008481113302	0,0010601391

Hodnota kritéria F : 5,039584448

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 19

Pravděpodobnost : 0,1655743054

Závěr : Model je nevýznamný

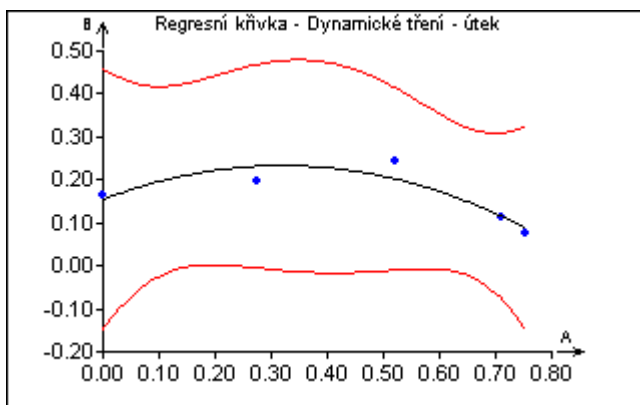
Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.odch.	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,1728	0,0452	Nevýznamný	0,0621	-0,0216	0,3671
A	0,5320	0,2840	Nevýznamný	0,2018	-0,6898	1,7538
A^2	-0,8782	0,3557	Nevýznamný	0,1323	-2,4087	0,6523

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,9134690441

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.



A – úbytek v %

B – koef. dynamického tření v příčný směr

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Dynamické tření – příčný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 5

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A^2

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,155 + 0,491 \cdot x + (-0,769) \cdot x^2$$

$$y = -22,89$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,45268	0,3157846054	-0,4888043446	0,4033928097
A^2	0,284695116	0,2520948479	-0,6660728999	0,2196657327

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,453 - 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,453 + 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,23$$

$$L_H = 0,676$$

$$L_D = 0,285 - 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,285 + 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,107$$

$$L_H = 0,463$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,1584

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,0174272	0,00348544	0,0043568
Variabilita vysvětlená modelem	0,0140780143	0,00281560286	0,00351950357
Reziduální variabilita	0,003349185698	0,0006698371397	0,00083729642

Hodnota kritéria F : 4,203414074

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 19

Pravděpodobnost : 0,192181515

Závěr : Model je nevýznamný

Odhady parametrů

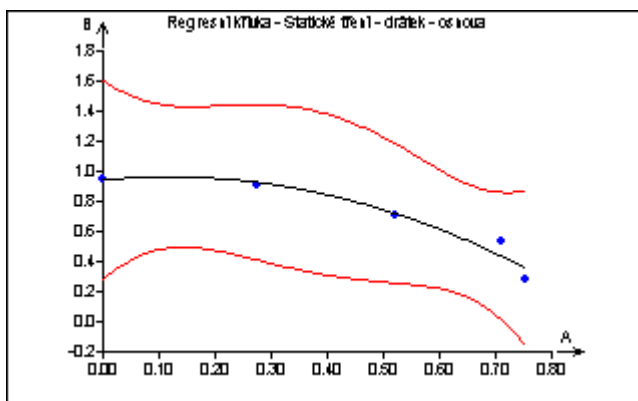
Pro m.	Odhad	Směr.odch.	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,1550	0,0401	Nevýznamný	0,0610	-0,0178	0,3277
A	0,4913	0,2524	Nevýznamný	0,1909	-0,5945	1,5771
A ²	-0,7692	0,3161	Nevýznamný	0,1354	2,1293	0,5910

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,8987872301

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.

BAVLNA HLADKÁ PRANÁ – kostička s drátky



A – úbytek v %

B – koef. statického tření v podélném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Statické tření - drátek – podélný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 5

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A²

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,942 + 0,358 \cdot x + (-1,506) \cdot x^2$$

$$y = -47,69$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,45268	0,3157846054	-0,9093647435	0,03230616687
A ²	0,284695116	0,2520948479	-0,9684761689	0,006686949398

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,453 - 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,453 + 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,23$$

$$L_H = 0,676$$

$$L_D = 0,285 - 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,285 + 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,107$$

$$L_H = 0,463$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,6754

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,3120912	0,06241824	0,0780228
Variabilita vysvětlená modelem	0,296085962	0,0592171924	0,0740214905
Reziduální variabilita	0,01600523799	0,003201047597	0,004001309497

Hodnota kritéria F : 18,49931643

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 19

Pravděpodobnost : 0,05128384904

Závěr : Model je nevýznamný

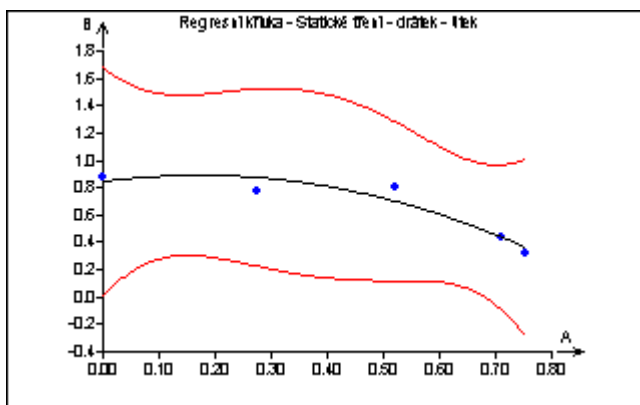
Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.odch	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,9423	0,0878	Významný	0,0086	0,5647	1,3199
A	0,3575	0,5517	Nevýznamný	0,5834	-2,0161	2,7312
A^2	-1,5059	0,6910	Nevýznamný	0,1612	-4,4793	1,4674

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,9740206112

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.



A – úbytek v %

B – koef. statického tření v příčném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Statické tření - drátek – příčný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 5

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A^2

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,845 + 0,536 \cdot x + (-1,562) \cdot x^2$$

$$y = -48,64$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,45268	0,3157846054	-0,8544475449	0,06518482861
A^2	0,284695116	0,2520948479	-0,9307838064	0,02163138258

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,453 - 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,453 + 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,23$$

$$L_H = 0,676$$

$$L_D = 0,285 - 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,285 + 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,107$$

$$L_H = 0,463$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,6434

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,2444392	0,04888784	0,0611098
Variabilita vysvětlená modelem	0,2193254606	0,04386509211	0,0548313651
Reziduální variabilita	0,02511373945	0,00502274789	0,006278434862

Hodnota kritéria F : 8,733285658

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 19

Pravděpodobnost : 0,1027402293

Závěr : Model je nevýznamný

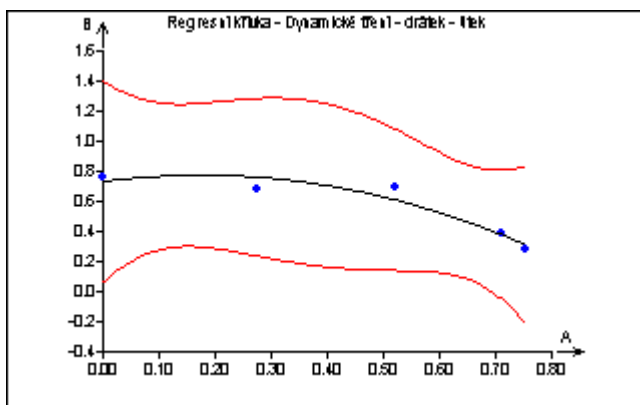
Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.odch	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,8454	0,1099	Významný	0,0165	0,3723	1,3185
A	0,5360	0,6910	Nevýznamný	0,5191	-2,4374	2,7319
A^2	-1,5616	0,8656	Nevýznamný	0,2130	-5,2861	1,6474

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,9472379694

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.



A – úbytek v %

B – koef. dynamického tření v příčném směru

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Dynamické tření - drátek – příčný směr

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 5

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A^2

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,731 + 0,491 \cdot x + (-1,391) \cdot x^2$$

$$y = -43,26$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,45268	0,3157846054	-0,8570126208	0,06349495595
A^2	0,284695116	0,2520948479	-0,9360964765	0,01920497545

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,453 - 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,453 + 2,23 \cdot 0,316 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,23$$

$$L_H = 0,676$$

$$L_D = 0,285 - 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,285 + 2,23 \cdot 0,252 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,107$$

$$L_H = 0,463$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,5576

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,1839532	0,03679064	0,0459883
Variabilita vysvětlená modelem	0,1675439312	0,03350878624	0,0418859828
Reziduální variabilita	0,01640926878	0,003281853756	0,004102317195

Hodnota kritéria F : 10,2103228

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 19

Pravděpodobnost : 0,0892034973

Závěr : Model je nevýznamný

Odhady parametrů

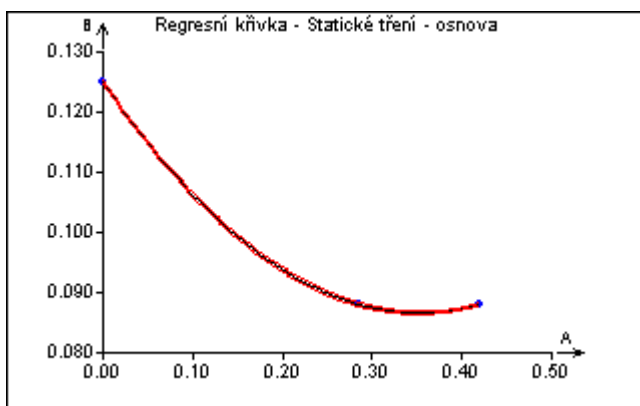
Proměnná	Odhad	Směr.odch	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,7312	0,0889	Významný	0,0145	0,3489	1,1136
A	0,4914	0,5586	Nevýznamný	0,4718	-1,9120	2,8948
A^2	-1,3912	0,6997	Nevýznamný	0,1851	-4,4019	1,6194

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,954356591

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.

ZELENÁ TKANINA – normál. kostka



A – úbytek v %

B – koef. statického tření v osnově

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Statické tření - osnova

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 4

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A²

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 1,125 + -0,218 \cdot x + (-0,309) \cdot x^2$$

$$y = -0,45$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,28095	0,1974777371	-0,9484613441	0,0515386559
A ²	0,108180995	0,08454323077	-0,8530625418	0,1469374582

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,281 - 2,23 \cdot 0,197 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,281 + 2,23 \cdot 0,197 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,142$$

$$L_H = 0,42$$

$$L_D = 0,108 - 2,23 \cdot 0,085 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,108 + 2,23 \cdot 0,085 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,048$$

$$L_H = 0,168$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,09725

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,00102675	0,0002566875	0,00034225
Variabilita vysvětlená modelem	0,00102674979	0,0002566874475	0,00034224993
Reziduální variabilita	2,09998585E-010	5,249964624E-011	6,999952832

Hodnota kritéria F : 2444658,83

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 199,5

Pravděpodobnost : 0,0004522471393

Závěr : Model je významný

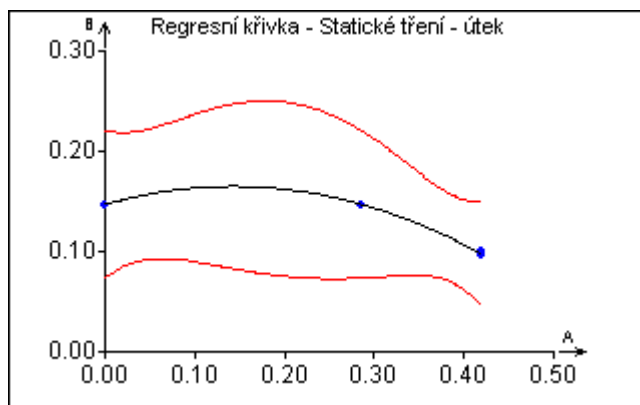
Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.odch	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,1250	1,4491	Významný	7,3804	0,1248	0,1252
A	-0,2177	0,0002	Významný	0,0006	-0,2201	-0,2153
A^2	-0,3088	0,0004	Významný	0,0009	0,3032	0,3144

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,9999998977

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.



A – úbytek v %

B – koef. statického tření v útku

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Statické tření - útek

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 4

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A^2

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,147 + 0,252 \cdot x + (-0,881) \cdot x^2$$

$$y = -2,65$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,28095	0,1974777371	-0,804935414	0,195064586
A^2	0,108180995	0,08454323077	-0,9169246419	0,08307535814

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,281 - 2,23 \cdot 0,197 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,281 + 2,23 \cdot 0,197 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,142$$

$$L_H = 0,42$$

$$L_D = 0,108 - 2,23 \cdot 0,085 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,108 + 2,23 \cdot 0,085 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,048$$

$$L_H = 0,168$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,1225

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,002409	0,00060225	0,000803
Variabilita vysvětlená modelem	0,002399998454	0,0005999996135	0,0007999994847
Reziduální variabilita	9,001545854E-006	2,250386463E-006	3,000515285E-006
Hodnota kritéria F :	133,3103499		
Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) :	199,5		
Pravděpodobnost :	0,06112799471		
Závěr :	Model je nevýznamný		

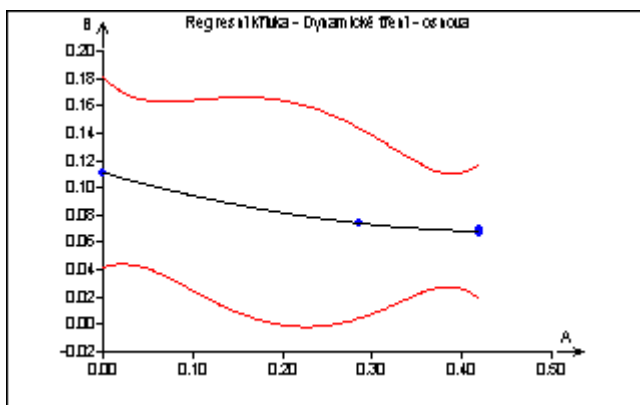
Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.odch	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,1470	0,0030	Významný	0,0130	0,1089	0,1851
A	0,2520	0,0391	Nevýznamný	0,0979	-0,2443	0,7482
A^2	-0,8808	0,0912	Nevýznamný	0,0657	-2,0400	0,2783

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,9981299356

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.



A – úbytek v %

B – koef. dynamického tření v osnově

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy : Dynamické tření - osnova

Data: Všechna

Hladina významnosti : 0,05

Absolutní člen : Ano

Počet platných řádků : 4

Počet parametrů : 3

Metoda : Nejmenší čtverce

Sloupce pro výpočet : B

Abs

A

A^2

Transformace : Polynom 2. stupně

$$y = 0,111 + (-0,187) \cdot x + (-0,201) \cdot x^2$$

$$y = -1,001$$

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.odch.	Kor.vs.Y	Významnost
A	0,28095	0,1974777371	-0,979745234	0,02025476601
A^2	0,108180995	0,08454323077	-0,9133769985	0,08662300149

$$L_D = \bar{x} - 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

$$L_H = \bar{x} + 2,23 \cdot s / \sqrt{n}$$

pozn.: hodnota 2,23 z tab. Studentova rozdělení pro 10 hodnot

$$L_D = 0,281 - 2,23 \cdot 0,197 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,281 + 2,23 \cdot 0,197 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,142$$

$$L_H = 0,42$$

$$L_D = 0,108 - 2,23 \cdot 0,085 / \sqrt{10}$$

$$L_H = 0,108 + 2,23 \cdot 0,085 / \sqrt{10}$$

$$L_D = 0,048$$

$$L_H = 0,168$$

Analýza rozptylu

Průměr Y : 0,08025

Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	0,00129275	0,0003231875	0,0004309166667
Variabilita vysvětlená modelem	0,001284713061	0,0003211782652	0,000428237687
Reziduální variabilita	8,0369391E-006	2,009234775E-006	2,6789797E-006

Hodnota kritéria F : 79,92551922

Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) : 199,5

Pravděpodobnost : 0,078847525

Závěr : Model je nevýznamný

Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.odch	Závěr	P-st	Spodní mez	Horní mez
Abs	0,1110	0,0028	Významný	0,0163	0,0750	0,1470
A	-0,1869	0,0369	Nevýznamný	0,1241	-0,6559	0,2820
A^2	-0,2012	0,0862	Nevýznamný	0,2576	-0,8941	1,2966

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R : 0,9968866875

Statistickou regresní analýzou bylo zjištěno, že závislost koef. tření na vlhkosti materiálu se řídí polynomem 2. stupně, jenž je popsán ve výše uvedené rovnici.